

## **ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA**



### **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UN CENTRO HOSPITALARIO**

**Titulación:** Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación

**Autor:** Edison Miguel Jaramillo Durán

**Tutor:** Juan Manuel Caballero Suárez

**Fecha:** Junio 2017



# **ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA**



## **TRABAJO FIN DE GRADO**

### **ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UN CENTRO HOSPITALARIO**

#### **HOJA DE FIRMAS**

**Alumno:**

Fdo.: Edison Miguel Jaramillo Durán

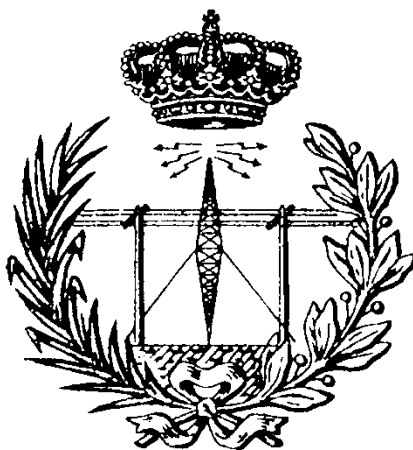
**Tutor:**

Fdo.: Juan Manuel Caballero Suárez

**Fecha: Junio 2017**



## **ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA**



### **TRABAJO FIN DE GRADO**

### **ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UN CENTRO HOSPITALARIO**

### **HOJA DE EVALUACIÓN**

**Calificación:** \_\_\_\_\_

**Presidente**

Fdo.:

**Vocal**

Fdo.:

**Secretario**

Fdo.:

**Fecha: Junio 2017**



*“Mi especial agradecimiento, en primer lugar, a todas aquellas personas que permitieron la toma de las medidas acústicas, en especial al Sr. Carlos Mora Lourido que es el Coordinador del Área de Gestión de la Calidad, Atención al Usuario y Formación Continuada y Docencia del Complejo Hospitalario Universitario, así como al personal del centro hospitalario. En segundo lugar, a mi familia, y amigos, que me han formado parte de este trabajo. Por último, y no menos importante, a mi tutor, que me ha sabido guiar en el desarrollo del presente Trabajo Fin de Grado.  
A todos ellos, mi eterno agradecimiento.”*





# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes.....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Descripción del Trabajo Fin de Grado.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Objetivo.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Estructura de la Memoria.....</b>	<b>7</b>
 <b>Capítulo 2 .....</b>	 <b>11</b>
<b>2.1 Diseño acústico en edificios hospitalarios .....</b>	<b>13</b>
2.1.1 Diseño .....	13
2.1.2 Acondicionamiento acústico.....	14
2.1.3 Tiempo de reverberación.....	14
2.1.4 Aislamiento acústico.....	15
2.1.5 Ruido aéreo, ruido de impacto y vibraciones .....	16
<b>2.2 Acústica en hospitales .....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Zonas comunes.....	18
2.2.2 Habitaciones .....	19
2.2.3 Áreas de trabajo interno.....	20
2.2.4 Fachadas.....	21
<b>2.3 Fuentes de generación de ruido en hospitales .....</b>	<b>26</b>
2.3.1 Con Afectación Directa al Hospital Insular .....	26
<b>2.4 Características del tráfico rodado .....</b>	<b>33</b>
2.4.1 Intensidad del tráfico .....	33
2.4.2. Velocidad media del tráfico.....	34
2.4.3 Composición del tráfico .....	34
2.4.4. Espectro normalizado del ruido de tráfico .....	35
<b>2.5 Mecanismos de control y regulación.....</b>	<b>36</b>
2.5.1 Legislación Europea.....	37
2.5.2 Legislación Estatal .....	38
2.5.2.1 Ley 37/2003 del Ruido .....	38
2.5.2.2 Real Decreto 1367/2007 .....	38
2.5.2.3 Real Decreto 1371/2007: DB-HR Protección frente al ruido .....	40
2.5.2.4 Legislación Autonómica .....	43

2.5.2.5 Legislación Local: Ordenanza Municipal de protección del medio ambiente frente a ruidos y vibraciones .....	43
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1 Antecedentes.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2 Escenario de medida .....</b>	<b>48</b>
<b>3.3 Descripción de la zona de estudio .....</b>	<b>49</b>
<b>3.4 Proceso de medida .....</b>	<b>50</b>
<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>53</b>
<b>4.1. Introducción.....</b>	<b>55</b>
<b>4.2 Instrumentos sonométricos .....</b>	<b>55</b>
<b>4.3 Instrumentos de grabación de audio .....</b>	<b>57</b>
<b>4.4 Herramienta para la preparación de los planos AutoCAD .....</b>	<b>58</b>
<b>4.5 Herramienta para el cálculo de la simulación CadnaA.....</b>	<b>59</b>
<b>4.6 Herramienta para el análisis de audio Cubase 5 .....</b>	<b>61</b>
<b>Capítulo 5 .....</b>	<b>63</b>
<b>5.1 Autorizaciones .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2 Elección de los puntos de medida .....</b>	<b>65</b>
<b>5.3 Configuración de los equipos de medida.....</b>	<b>66</b>
<b>5.4 Procedimiento de medidas y volcado de datos .....</b>	<b>67</b>
<b>5.5 Simulación CadnaA.....</b>	<b>70</b>
5.5.1. Configuración de las propiedades y caracterización de los objetos .....	76
5.5.2. Elementos de los cálculos .....	79
5.5.3. Configuración de los cálculos .....	80
<b>Capítulo 6 .....</b>	<b>87</b>
<b>6. Introducción .....</b>	<b>89</b>
<b>6.1 Resultados de sonometría .....</b>	<b>90</b>
6.1.1 Evolución temporal.....	90
6.1.2 Promedios comparativos .....	92
6.1.3 Niveles percentiles .....	94
6.1.4 Intervalos comparativos.....	98
6.1.5 Niveles máximos y mínimos .....	102
<b>6.2 Resultados de atenuación sonora .....</b>	<b>102</b>

<b>6.3 Resultados de aislamiento acústico</b>	<b>103</b>
<b>6.4 Resultados de audio</b>	<b>103</b>
6.4.1 Intervalos comparativos en tercios de octava	104
6.4.2 Aislamiento acústico	106
<b>6.5 Resultados de la simulación</b>	<b>107</b>
 <b>Capítulo 7</b>	 <b>111</b>
<b>7.1 Conclusión</b>	<b>113</b>
<b>7.2 Líneas futuras</b>	<b>114</b>
 <b>ANEXOS</b>	 <b>115</b>
<b>I Bibliografía</b>	<b>117</b>
<b>II Pliego de condiciones</b>	<b>127</b>
II.1 Sonómetro integrador Rion NL-18	129
II.2 Calibrador Sonoro Brüel & Kjær 4231	131
II.3 Grabador ZOOM H6	133
II.4 Grabador ZOOM H1	135
II.5 Grabador ROLAND R-26	137
II.6 Ordenador	140
II.7 Sistema operativo Microsoft Windows 8	141
II.8 Microsoft Office 2010	141
II.9 Adobe Acrobat	142
II.10 Software Rion S-NL	142
II.11 AutoCAD 2015	142
II.12 CadnaA Basic	143
II.13 Cubase 5	143
<b>III Presupuesto</b>	<b>145</b>
III.1 Trabajo tarifado por tiempo empleado	147
III.2 Amortización del material hardware y software	148
III.3 Costes de redacción del Trabajo Fin de Grado	149
III.4 Presupuesto antes de impuestos	150
III.5 Presupuesto final	150



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1.- Confort en estancias de centros hospitalarios .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2.1.- Tiempo de Reverberación .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 2.2.- Figura Vías de transmisión del sonido en edificios .....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2.3.- Sala de espera Hospital Insular.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2.4.- Habitación Hospital Insular.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2.5.- Despacho Hospital Insular.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2.6.- Fachada del Hospital Insular .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2.7.- Niveles acústicos de la fachada del Hospital Insular valores día y tarde .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2.8.- Niveles acústicos de la fachada del Hospital Insular valores noche ....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2.9.- Esquema que muestra las distintas zonas de ruidos de un recinto hospitalario .....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 2.10.- Espectro de ruido emitido por un helicóptero clásico.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 2.11.- Futura estación de tren en Hospital Insular .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2.12.- Tramo 1: Estación San Telmo - Hospitales.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 2.13.- Tramo 2: Estación Hospitales – Aeropuerto .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 2.14.- Mapa de Ruido del Hospital Insular. Valores día .....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 2.15.- Mapa de Ruido del Hospital Insular. Valores vespertinos .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.16.- Mapa de Ruido del Hospital Insular. Valores nocturnos .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 2.17.- Ruido medido en la calle Cuzco con circulación escasa .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 2.18.- Ruido medido en la Av. Marítima con circulación intensa.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 2.19.- Variación con la velocidad, del nivel sonoro en función del tipo de vehículo.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 2.20.- Esquema legislativo aplicable en lo relativo al Ruido .....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2.21.- Relación entre la Ley del Ruido y el DB HR Protección frente al ruido .....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.1.- Fachada del Hospital Insular .....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 3.2.- (a) Municipio de las Palmas de Gran Canaria y (b) Delimitación del Hospital Universitario Insular .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 3.3.- Áreas de las zona de estudio .....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 4.1.- Sonómetro RION NL-18 .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4.2.- Calibrador BRÜEL &amp; KJÆR 4231 .....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 4.3.- Pantalla anteviento y antilluvia.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4.4.- Trípode.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4.5.- Maletín de transporte .....</i>	<i>56</i>

<i>Figura 4.6.- Cable PS/2 .....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.7.- Grabador ZOOM H6 .....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.8.- Grabador ZOOM H1 .....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.9.- Grabador ROLAND R-26 .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 4.10.- Cable Jack- mini Jack .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 4.11.- Brida .....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 5.1.- Puntos de medida campaña 1 .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 5.2.- Puntos de medida campaña 2 .....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 5.3.- Opciones de volcado de datos .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 5.4.- Ventana para configuración de archivo .txt .....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 5.5.- Conexión sonómetro - grabador .....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 5.6.- Pantalla del grabador ZOOM H6 .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 5.7.- Modelo digital del terreno (MDT) escala 1:5000 .....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5.8.- Administrador de propiedades de capas .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 5.9.- Capas utilizadas .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 5.10.- Modelo final del plano de la zona de estudio .....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 5.11.- Ventana para importar archivos .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5.12.- Ventana de opciones de importación para archivos DXF .....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 5.13.- Ventana de importación de capas. ....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.14.- Ventana de trabajo en CadnaA .....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 5.15.- Ventana de propiedades de carretera .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 5.16.- Ventana de elección de anchura de carretera .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 5.17.- Ventana de propiedades de edificio .....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 5.18.- Ventana de propiedades de evaluación de edificios .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 5.19.- Ventana de propiedades de evaluación de la malla vertical .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 5.20.- Ventana de configuración del mapa acústico en edificios .....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 5.21.- Ventana de configuración de la malla de receptores .....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 5.22.- Ventana de configuración de la apariencia de malla .....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 5.23.- Ventana de configuración de la sección país .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 5.24.- Ventana de configuración de la sección general .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 5.25.- Ventana de configuración de la sección partición .....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 5.26.- Ventana de configuración de la sección absorción del terreno .....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 5.27.- Ventana de configuración de la sección reflexión .....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 5.28.- Ventana de configuración de la sección carretera .....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 6.1.- Gráfica de la evolución temporal del nivel <math>L_p</math> .....</i>	<i>90</i>

<i>Figura 6.2.- Gráfica de la evolución temporal del nivel <math>L_p</math>.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 6.3.- Gráfica de la evolución temporal del nivel <math>L_p</math>.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 6.4.- Histograma de los niveles <math>L_p</math> de la avenida Marítima .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 6.5.- Histograma de los niveles <math>L_p</math> de la habitación .....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 6.6.- Histograma de los niveles <math>L_p</math> de la avenida Marítima .....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 6.7.- Histograma de los niveles <math>L_p</math> de la sala de espera .....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 6.8.- Histograma de los niveles <math>L_p</math> del despacho .....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 6.9.- Comparación de niveles en el exterior .....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 6.10.- Comparación de niveles en el interior.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura 6.11.- Comparación de niveles en el exterior .....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 6.12.- Comparación de niveles en el interior .....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 6.13- Comparación de niveles en el exterior .....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 6.14- Comparación de niveles en el interior.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 6.15.- Mapa de niveles acústicos, periodo día.....</i>	<i>108</i>
<i>Figura 6.16.- Mapa acústico vertical de la avenida Marítima, periodo día .....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 6.17.- Mapa de niveles acústicos recibidos en fachada del Hospital Insular, periodo día.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 6.18.- Mapa acústico vertical de niveles acústicos recibidos en fachada del Hospital Insular, provenientes de la avenida Marítima, periodo día.....</i>	<i>110</i>





## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1.- Consideraciones de confort acústico en áreas hospitalarias .....</i>	<i>6</i>
<i>Tabla 2.1.- Espectro de referencia normalizado del ruido de tráfico .....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 2.2.- Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 2.3.- Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones .....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 2.4.- Niveles máximos admisibles en interiores, fachadas y cubiertas en recintos protegidos .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 2.5.- Niveles máximos admisibles en interiores, fachadas y cubiertas en recintos habitables.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 2.6.- Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo, <math>D_{2m,nT,Atr}</math>, en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día, <math>L_d</math>.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 2.7.- Niveles máximos admisibles en el interior .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 2.8.- Niveles máximos admisibles en el exterior .....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 5.1.- Condición de líneas en AutoCAD para objetos de CadnaA .....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 6.1.- Promedio de la diferencia de niveles en recepción, del exterior e interior .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 6.2.- Promedio de niveles de recepción en los dos puntos de medida, área de hospitalización .....</i>	<i>92</i>
<i>Tabla 6.3.- Promedio de niveles de recepción en los dos puntos de medida, área de despachos .....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 6.4.- Percentiles de la avenida Marítima .....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 6.5.- Percentiles de la habitación.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 6.6.- Percentiles de la avenida Marítima .....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 6.7.- Percentiles de la sala de espera.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 6.8.- Percentiles del despacho .....</i>	<i>97</i>
<i>Tabla 6.9.- Niveles máximos y mínimos .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 6.10.- Promedio de la atenuación de los niveles recibidos, área de hospitalización .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 6.11.- Promedio de la atenuación de los niveles recibidos, área de despachos .....</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 6.12.- Niveles de aislamiento, área de hospitalización.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 6.13.- Nivel de aislamiento, área de despachos .....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 6.14.- Cálculo de aislamiento en despacho.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 6.15.- Cálculo de aislamiento en sala la espera.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla III.1.- Factor de corrección del número de horas invertidas.....</i>	<i>147</i>

<i>Tabla III.2.- Coste del material hardware</i> .....	148
<i>Tabla III.3.- Coste del material software</i> .....	149
<i>Tabla III.4.- Coste de ejecución material</i> .....	149
<i>Tabla III.5.- Presupuestos antes de impuestos</i> .....	150
<i>Tabla III.6.- Presupuestos final</i> .....	150

# **Capítulo 1**

## **Introducción**

---

En el presente capítulo, se describe la contaminación acústica producida por el ruido en ambientes hospitalarios y sus antecedentes, cuáles son los efectos y riesgo sobre la salud, cuando estamos expuestos a elevados niveles sonoros, así como la influencia de las fachadas, en los centros hospitalarios además de las medidas correctoras que se han llevado a cabo en temas de ruido. También se indica los niveles de confort acústico apropiados para las distintas áreas de un centro hospitalario. Igualmente se detallará, el propósito de este Trabajo Fin de Grado, así como el objetivo que se desea conseguir. Para finalizar, se realiza un resumen de la estructura de la memoria, de este Trabajo de Fin de Grado, detallando brevemente capítulo a capítulo.



## 1.1 Antecedentes

La contaminación acústica es un problema actual; sin embargo, no podemos considerarlo como nuevo, ya que en 1972 la Organización Mundial de la Salud (OMS), catalogó el ruido como una forma más de contaminación, hasta entonces la contaminación acústica era considerada como una cuestión inherente al desarrollo, algo inevitable con lo que el ser humano tenía que convivir <sup>[1]</sup>.

Así mismo, los efectos nocivos del ruido sobre la salud se conocen desde hace siglos ya que fue Florence Nightingale<sup>[2]</sup> en 1859, considerada pionera de la enfermería moderna, decía que "el ruido innecesario es la forma de abuso más cruel cuando se trata de enfermos o sanos". Si ese ruido, además, se produce durante la noche, cuando uno se encuentra ingresado en un hospital tratando de recuperarse de alguna enfermedad, la "crueldad" puede resultar aún más insoportable.

En la sociedad actual, no hay duda de que, los centros hospitalarios<sup>[3]</sup> <sup>[4]</sup> por sus actividades son un tipo de equipamiento urbano especialmente vulnerable al ruido, como los efectos que estos producen sobre las personas asistidas o pacientes que precisen de una estancia más o menos prolongada en el tiempo, a lo largo de la cual pueden convertirse en potenciales sujetos perceptores de ruido, con la consiguiente posible molestia e influencia sobre el tratamiento o la recuperación que estén llevando a cabo <sup>[5]</sup>.

El ruido, es un factor de riesgo a tener en cuenta en el ámbito hospitalario <sup>[6]</sup>, ya que sin el correcto y debido tratamiento acústico, puede presentar graves problemas para sus habitantes. Uno sus puntos sensibles son las fachadas <sup>[7]</sup> <sup>[8]</sup> que, junto con sus elementos constructivos adyacentes, deben tener un aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo y unos niveles sonoros apropiados en la zona donde está ubicado el edificio hospitalario. Se debe garantizar que el nivel inmisión de ruido, en el interior, de las estancias del edificio, sea el adecuado para que se desarrollen las actividades, sin ninguna molestia para las personas, ni que interfieran en el desarrollo de sus actividades. Los niveles sonoros que inciden sobre la fachada de un hospital, pueden llegar a **90 dBA** y dependerá de las fuentes de ruido exteriores, generalmente el tráfico rodado, tipos de vías y su distancia al edificio, altura del mismo, naturaleza continua o discreta de la trama urbana, exposición directa o indirecta de la fachada, etcétera.

Con este trabajo, se pretende analizar de las emisiones acústicas generadas por la interacción entre, el tráfico rodado originario de la avenida Marítima y la fachada del Hospital Universitario Insular de Gran Canaria de 38,73 metros de altura aproximadamente, ubicado en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria. Particularmente se estudiará la influencia que tiene el voladizo, que es la parte que sobresale del helipuerto, ubicada en la azotea del hospital con una longitud en fachada de 44,12 metros y que debido a su forma semiperpendicular, podría ocasionar el incremento de energía sonora en el interior de las habitaciones de

pacientes, ubicadas en el último piso. Por lo que se llevarán a cabo mediciones de niveles de presión sonora, en el sitio, para su posterior caracterización.

Hay que mencionar también que, desde el punto de vista político, en el proceso de concientización sobre la continuación acústica, la Unión Europea, en noviembre de 1996, publicó el Libro Verde de la Comisión Europea sobre política futura de lucha contra el ruido <sup>[9]</sup>, donde se hacía un claro pronunciamiento sobre la necesidad de aclarar y homogeneizar el marco normativo del ruido, la cual llegaría en forma de Directiva Europea sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. A partir de la cual se establece en España una Ley y una serie de Decretos sobre la contaminación acústica, que tiene como objeto promover los procesos de evaluación y establecimiento de medidas correctoras mediante mapas de ruido, tanto para las aglomeraciones como a las infraestructuras de transportes, ambas fuentes de ruido que más incide sobre la calidad acústica ambiental.

También los juristas, se han incorporado al cuerpo de agentes interesados en su estudio (Juristas Contra el Ruido), consensuando que afecta a algunos compromisos constitucionales. Otra muestra, de la significativa huella de los problemas del ruido ambiental, en España, es la reflejada en los informes de 2005 del Defensor del Pueblo <sup>[10]</sup>.

### **1.2 Salud y confort acústico**

La presencia del sonido, en nuestro entorno, es un hecho tan común en la vida diaria actual, que raramente apreciamos todos sus efectos. Proporciona experiencias tan agradables como escuchar la música o el canto de los pájaros, hasta permite la comunicación oral entre las personas, pero juntamente con estas percepciones auditivas muchas veces agradables, nos aparece también el sonido molesto (ruido), llegando a ser perjudicial, que puede limitar nuestra vida de manera irreversible <sup>[11]</sup>.

Así, en el mundo, más de 500 millones de personas, están expuestas a ruido ambiental por encima de 65 dBA, valor a partir del cual son esperables efectos sobre la salud según la Organización Mundial de la Salud. En la Unión Europea se ha pasado en la última década de un 15% a un 26% de expuestos por encima de ese umbral <sup>[12]</sup> estimándose que alrededor de 80 millones de personas están afectadas por niveles que los expertos consideran inaceptables <sup>[13]</sup> y que el 74% de la población española se encuentra sometida a “niveles sonoros altos” <sup>[14]</sup>.

El ruido, es considerado por los habitantes de las grandes ciudades, un factor medioambiental muy importante, que interviene en su calidad de vida <sup>[15]</sup>. La causa principal de la contaminación acústica, es la actividad humana, factores tales como el crecimiento de la población y de las ciudades, el tráfico rodado, los aviones, la construcción de edificios y obras públicas, la actividad industrial, entre otras, aumentan los niveles de ruido <sup>[16]</sup> ambiental, deteriorando la salud de las personas.

En ambientes hospitalarios, debido a su ubicación, en zonas urbanas, para su fácil acceso (cerca de avenidas, autopistas, rotondas), el ruido del tráfico rodado es uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los pacientes y personal médico en estos recintos.

El ruido en los hospitales, no sólo es molesto, sino que **influye en la recuperación de los pacientes**, modifica el funcionamiento del sistema neurovegetativo, observándose casos de aceleración del ritmo cardiaco, del ritmo respiratorio, aumento de la presión sanguínea <sup>[17]</sup>, de la secreción salival, alteración del tono muscular <sup>[18]</sup> <sup>[19]</sup>. Y como efectos psíquicos, pueden aparecer: falta de concentración, molestia, incomodidad, miedo, cambios de humor, sentimientos de angustia y ansiedad <sup>[20]</sup>. Para la mayoría de espacios en los hospitales, los efectos críticos son trastornos del sueño, molestias y aumento el dolor, Todo ello contrasta con la definición de “salud” <sup>[21]</sup> dada por la Organización Mundial de la Salud: “Un estado de completo bienestar físico, mental y social, no la mera ausencia de enfermedad”.

Existe **un cierto nivel de ruido inevitable**, por la propia naturaleza de los centros hospitalarios, como el equipamiento <sup>[22]</sup> técnico cuyas alarmas resultan vitales para alertar en ciertos casos. Niveles en cualquier caso no deberían superar a los niveles máximos recomendados por la propia OMS <sup>[23]</sup>, que indica que el ruido en las habitaciones de los pacientes, con la ventana cerrada, no debería sobrepasar los 30 dBA, tanto diurnos (Leq,d) como nocturnos (Leq,n) , con niveles máximos(Lmax) por la noche de 40 dBA. En España, como explican desde la Sociedad Española de Acústica (SEA), **los niveles recomendados en centros hospitalarios "están regulados por la normativa vigente** en cada comunidad autónoma, por la Ley del Ruido, así como por las ordenanzas municipales".

Como hemos comentado la contaminación por ruido o contaminación acústica, tiene un efecto negativo en la salud y el bienestar de las personas y más aún en los habitantes de un centro hospitalario, es por ello que es de vital importancia el confort acústico dentro de las estancias de un recinto hospitalario para una estadía y recuperación confortable de los pacientes ya éstos tienen una menor tolerancia al ruido, sufriendo efectos más adversos que en la población sana.

El adecuado entorno acústico <sup>[24]</sup> de un espacio cerrado garantizará la satisfacción de sus usuarios. El confort <sup>[25]</sup> acústico tiene como objetivo principal garantizar que los niveles sonoros a los que se ve sometido un entorno son acordes con la actividad que en éste se va a realizar, en el interior de los recintos hospitalarios hay espacios más sensibles que otros como, por ejemplo: las salas de recuperación de pacientes, salas de operación, el área de neonatología, entre otras. Por eso es importante seguir un criterio a la hora de evaluar la confortabilidad, como son las Noise Criterion Curves (Curvas NC) <sup>[26]</sup> que se justifica en base a la necesidad de disponer de unos niveles de presión sonora exigibles o recomendados <sup>[27]</sup> respecto a ruidos de fondo de tal forma que no interfieran en el desarrollo de la actividad. A continuación, se muestran algunas de las recomendaciones a seguir en cuanto a estos niveles acústicos, para diferentes estancias que existen en edificios

hospitalarios en función del uso que se le vaya a dar, en términos de las curvas NC y en niveles de presión sonora, dBA.

Recinto	Criterio NC	Nivel de ruido máximo dBA
Salas de recuperación	30 - 40	35 - 45
Salas de cuidados de múltiples pacientes	35 - 45	40 - 50
Unidades de terapia intensiva neonatal	25 - 35	30 - 40
Salas de operación	35 - 45	40 - 50
Salas de espera y pasillos	35 - 45	40 - 50
Laboratorios	45 - 55	50 - 60
Laboratorios académicos	35 - 45	40 - 50
Boxes de exploración	30 - 40	35 - 45
Salas de conferencia	25 - 35	30 - 40

Tabla 1.1.- Consideraciones de confort acústico en áreas hospitalarias [28]

Mas sin embargo, cabe mencionar que en un recinto hospitalario, el factor de confort acústico es primordial en sus estancias, pero en edificaciones tan sensibles como esta, también entran en juego un conjunto de factores<sup>[29]</sup> ergonómicos como son la calidad del ambiente térmico, ambiente luminoso y aire interior referido a los contaminantes (biológico, físico, químico) en él presentes, que hay que tener en cuenta a la hora del bienestar del paciente, como se puede observar en al siguiente imagen.

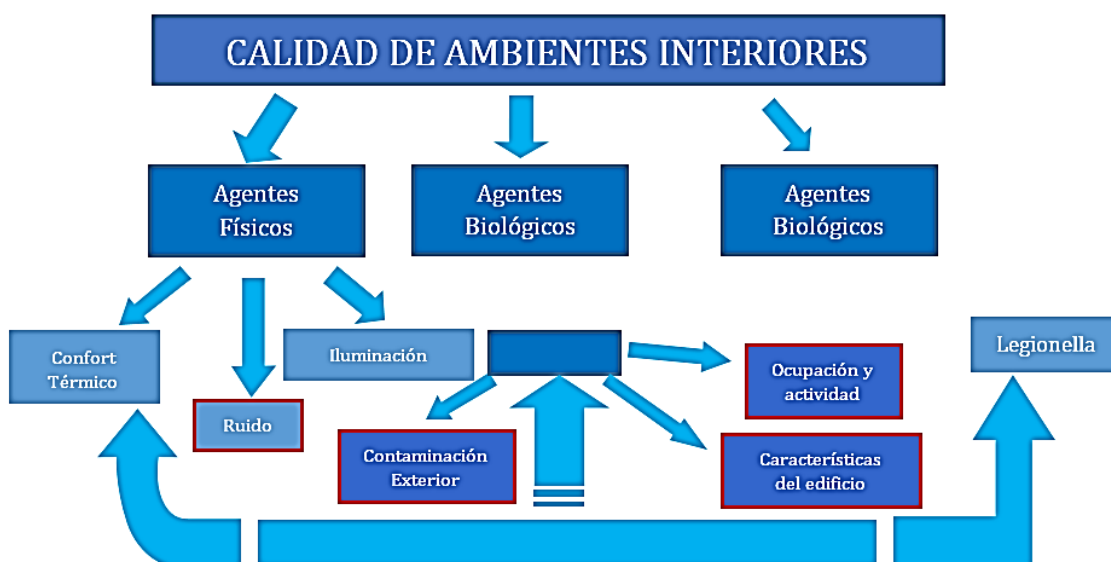


Figura 1.1.- Confort en estancias de centros hospitalarios

### 1.3 Descripción del Trabajo Fin de Grado

Como hemos mencionado anteriormente, los factores que intervienen en el problema de la acústica, tanto ambiental como arquitectónica, son muy variados y



extensos, por lo que sería un trabajo interminable intentar en este trabajo abarcar todos los espacios y situaciones que se verían afectadas en un centro hospitalario.

El objetivo de este trabajo es estudiar cómo afecta la presencia de una estructura arquitectónica particular, el helipuerto, y que fenómenos acústicos generan sobre la fachada del Hospital Universitario Insular de Gran Canaria, y su efecto sobre aislamiento acústico de habitaciones de pacientes.

Se trata analizar el nivel de presión sonora que llega a las habitaciones de la última planta del Hospital Universitario Insular de Gran Canaria, en particular, se estudiará la influencia que tiene el voladizo que es la parte que sobresale del helipuerto ubicada en la azotea del hospital y que debido a su forma semiperpendicular podría ocasionar el incremento de energía sonora en el interior de las habitaciones ubicadas en la última planta, y por lo tanto un mayor nivel sonoro de inmisión en las habitaciones de pacientes.

Para ello, se realizará mediciones sonométricas in situ, de los parámetros acústicos específicos y la predicción de los mismos, mediante la simulación del impacto acústico en fachada, a través del software de simulación, de tal manera que las características, obtenidas mediante ambos procesos, puedan ser comparadas y analizadas.

La elección del presente proyecto está englobada dentro de la asignatura Acústica Arquitectónica y Ambiental ya que, es la rama que estudia los fenómenos vinculados con una propagación adecuada, fiel y funcional del sonido en un recinto, ya sea una sala de concierto o un estudio de grabación o un aula, o en espacio abierto. Esto involucra también el problema del aislamiento acústico.

Por otra parte, pretendo consolidar ideas adquiridas a lo largo de estos años en el grado enfrentándome a un caso práctico el cual no ha sido caracterizado acústicamente antes de este trabajo.

### **1.4 Objetivo**

El objetivo principal que se pretenden conseguir en este Trabajo Fin de Grado es el siguiente:

- Realizar el estudio y análisis del impacto acústico provocado por el tráfico rodado de la Avenida Marítima sobre la fachada del Hospital Insular a partir de medidas in situ y simulada.

### **1.5 Estructura de la Memoria**

El documento se encuentra dividido en tres bloques: Memoria, Pliego de Condiciones y Presupuesto.

El bloque Memoria está constituido de 7 capítulos en los que se tratan diferentes aspectos acerca del presente Trabajo Fin de Grado:

### **Capítulo 1 Introducción**

En este capítulo se detalla el propósito de este Trabajo Fin de Grado, y se describe el objetivo que se desea conseguir con el mismo. También se comentará cuáles son los efectos y riesgo sobre la salud cuando estamos expuestos a elevados niveles sonoros en ambientes hospitalarios. Para finalizar, se realiza un resumen de la estructura de la memoria de este Trabajo de Fin de Grado, detallando brevemente capítulo a capítulo.

### **Capítulo 2 Marco Teórico**

En el presente capítulo, se pormenorizará el diseño acústico que tiene que tener un edificio para protegerse del ruido, así como la importancia de algunos conceptos acústicos que intervienen en el diseño, particularizando a los hospitales como zonas más vulnerables. También se comentará importancia de la acústica en algunas áreas de un centro hospitalario como son las habitaciones de pacientes, sala de espera, despachos y fachadas. Asimismo, se comentará las fuentes de generación de ruido internas y externas con afección directa al Hospital Universitario Insular de las Palmas de Gran Canaria. Por último, analizará un extracto de las normativas vigentes en materia de ruido tanto del Organismo de la Unión Europea como del Estado Español, enfocadas a los niveles de ruido máximos admisibles en el interior y exterior que deben tener en cuenta en los centros sanitarios.

### **Capítulo 3 Caso de Estudio**

En el presente capítulo, se menciona el porqué de la elección para su estudio, además se describirá el escenario de medida y la zona del estudio. También se explica el proceso seguido.

### **Capítulo 4 Instrumentos & Herramientas**

En el presente capítulo, se indicarán y comentarán los instrumentos y herramientas necesarias, empleadas en las mediciones acústicas. Así también se pormenorizará, las características del software empleado para la simulación.

### **Capítulo 5 Metodología**

En el presente capítulo, se describirán los procesos que se han puesto en marcha para poder cumplir con el fin del trabajo, comenzando con la redacción y entrega de la autorización, solicitando respectivo permiso, para realizar las medidas acústicas. Como se han configurado los equipos de medida y su posterior volcado de datos. Finalmente, la realización de la simulación.

### **Capítulo 6 Análisis de Resultados**

En el presente capítulo, se analizará la información obtenida de las mediciones sonométricas y de las grabaciones de audio. Procediendo a presentar los resultados de atenuación y aislamiento, con los datos proporcionados por los sonómetros, complementándolos con los espectros de frecuencia cuyos datos se obtendrá de las grabaciones realizadas. Por último, se analizará los datos de la simulación.

## **Capítulo 7 Conclusión**

En el presente capítulo, se expondrán de una manera diáfana, las conclusiones finales, a partir de los resultados obtenidos y además de forma muy sucinta, se reflejará las posibles líneas futuras, que se pueden seguir a partir de este trabajo.

Como parte de la memoria también se incluyen los anexos correspondientes, y la bibliografía consultada para la realización del conjunto de tareas. En el bloque referente al presupuesto se muestra el coste de realización del presente trabajo, y previamente se encuentra el pliego de condiciones en el cual se establecen las características de los equipos a emplear en las mediciones, montaje realizado, software empleado.



## **Capítulo 2**

### **Marco teórico**

---

En el presente capítulo, se pormenorizará el diseño acústico, que tiene que tener un edificio para protegerse del ruido, así como la importancia de algunos conceptos acústicos que intervienen en el diseño, particularizando a los hospitales como zonas más vulnerables. También se comentará, importancia de la acústica en algunas áreas de un centro hospitalario, como son las habitaciones de pacientes, sala de espera, despachos y fachadas. Asimismo, se comentará las fuentes de generación de ruido internas y externas, con afección directa al Hospital Universitario Insular de las Palmas de Gran Canaria. Por último, se analizará un extracto de las normativas vigentes, en materia de ruido, tanto del Organismo de la Unión Europea como del Estado Español, enfocadas a los niveles de ruido máximos admisibles, en el interior y exterior, que deben tener en cuenta, los centros sanitarios.



## 2.1 Diseño acústico en edificios hospitalarios

Cada vez toma más importancia, el buen diseño a nivel acústico <sup>[30]</sup> de los edificios hospitalarios <sup>[31]</sup>, debido a las repercusiones que tiene sobre el bienestar y la salud de las personas. Basado en el estudio del control del sonido <sup>[32]</sup>, tanto del aislamiento entre recintos habitables (habitaciones, despachos, salas de espera, quirófanos), así como el acondicionamiento acústico de los mismos, amortiguándolos mediante materiales blandos, o reflejándolo con materiales duros para que la construcción <sup>[33]</sup> o la estructura del lugar permita el máximo aprovechamiento del sonido o bien hacer que el sonido disminuya y no traspase los muros o paredes <sup>[34]</sup>.

A continuación, algunos aspectos a tener en cuenta en la acústica de los edificios hospitalarios <sup>[35]</sup>:

### 2.1.1 Diseño

El diseño formal de un edificio hospitalario y su entorno <sup>[36]</sup>, suele estar muy condicionado por las estrategias de iluminación natural y acondicionamiento térmico, su forma también tiene que estar adaptada a los **condicionantes acústicos internos y de su entorno**: urbano (ubicación y entorno), arquitectónico (forma y orientación), constructivo (sistemas de cerramientos y huecos) y tecnológico (equipos de acondicionamiento).

La clave del éxito, se fundamenta en un **mayor esfuerzo en el diseño formal de las primeras etapas** <sup>[37]</sup>, empezando por la planificación urbana. Estos esfuerzos son extremadamente rentables, puesto que permiten obtener la máxima calidad acústica, con una mínima inversión material, mientras que los impactos acústicos no corregidos inicialmente, serán difíciles de subsanar, implicando importantes molestias durante toda la vida útil del edificio y haciendo difícil poder alcanzar el confort acústico en los espacios interiores.

El diseño formal de una edificación hospitalaria, habría que tener en cuenta las siguientes etapas <sup>[38]</sup>:

Etapas 1. **Ordenación del espacio exterior.** Diseño formal de los espacios libres en torno al edificio, considerando los usos y las relaciones recíprocas con el mismo, tales como el apantallamiento de ruidos o sus reflexiones, o la amortiguación acústica del entorno próximo (vegetación, pavimentación, etc.). El diseño de la forma y distribución del edificio, también debería considerar al propio edificio como emisor potencial de ruido hacia su entorno. El edificio también puede modificar en su entorno la distribución del ruido urbano mediante la reflexión o apantallamiento de los ruidos procedentes de fuentes acústicas singulares (autopistas).

Etapas 2. **Volumetría del edificio.** Permite valorar la posición del edificio en planta y altura respecto a los focos de ruido, la configuración de los espacios libres interiores (pasillos), y sobre todo con el fin de analizar la orientación de sus fachadas en relación con las fuentes puntuales de ruido.

Etapas 3. **Distribución interior.** La exposición de las fachadas del edificio a diferentes niveles de contaminación acústica exterior puede condicionar la distribución de las habitaciones, según las distintas necesidades de aislamiento acústico. También la presencia de fuentes de ruido en el propio edificio suele condicionar el diseño de su distribución interior, por tanto, será necesario adaptar la organización interna del edificio, en planta y sección, para hacer compatibles la agrupación de las diferentes estancias según sus usos y requisitos.

Durante las etapas del diseño de un edificio hospitalario, quedan definidas las soluciones constructivas de los cerramientos e instalaciones, que deberán estar dimensionadas <sup>[39]</sup> y proyectadas, para cumplir con las prestaciones mínimas de aislamiento y absorción acústica exigidas.

A continuación, se definirán algunos conceptos importantes relacionados con el diseño acústico en edificios hospitalarios.

### 2.1.2 Acondicionamiento acústico

Consiste en controlar la energía sonora <sup>[40]</sup> reflejada en las paredes del mismo para reducir la reverberación, mejorar las cualidades de escucha, y en general, disminuir el nivel sonoro medio, global de la estancia. Esto se consigue tratando las superficies interiores con materiales que permitan una difusión adecuada de la energía acústica en el interior del mismo. Cada estancia tiene unas características acústicas diferentes y particulares. Una de estas características es el tiempo de reverberación.

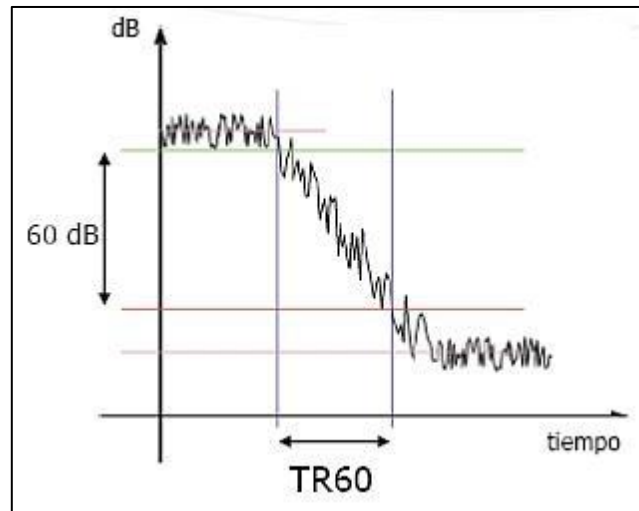
### 2.1.3 Tiempo de reverberación

En el momento que deja de emitir la fuente sonora, no desaparecerá de inmediato la intensidad sonora, sino que continuarán llegando ondas reflejadas, durante un cierto tiempo, este tiempo, es lo que se define por **tiempo de reverberación** <sup>[41]</sup> (TR), y es el tiempo que tarda en caer el nivel de presión 60 dB a partir del cese de la emisión de la fuente sonora, por eso también se puede expresar con TR60. Para reducir el tiempo de reverberación de un recinto se usan materiales absorbentes, por ejemplo, un techo absorbente.

En la “Interferencia en la percepción del habla <sup>[42]</sup>”, la OMS indica que es necesario un Tiempo de Reverberación (TR60) de menos de 1 s para una buena comunicación oral. Para grupos sensibles como los ancianos y pacientes se recomiendan un TR60 por debajo de los 0,6 s.

En la siguiente figura, se presenta el tiempo de reverberación de forma gráfica:





*Figura 2.1.- Tiempo de Reverberación*

#### 2.1.4 Aislamiento acústico

Se define como la protección de un recinto contra la penetración de sonidos. Se trata de reducir el ruido, tanto aéreo (conductos de ventilación, aberturas y grietas en paredes...) como estructural (vibraciones de maquinaria, transmisión de impactos sonoros...), que llega al receptor a través del obstáculo. Un buen aislamiento acústico pretende que la energía transmitida sea mínima. Esto implica un aumento de energía disipada y/o reflejada sin que tenga importancia el reparto entre ellas, ni la fuente emisora. Los materiales adecuados para el aislamiento acústico son aquellos que tienen la propiedad de reflejar o absorber una parte importante de la energía de la onda incidente.

Es por ello que aislar <sup>[43]</sup> acústicamente es proporcionar una protección al recinto contra la transmisión del ruido generado.

Atendiendo al medio de **transmisión del ruido** existen dos grupos:

- Aislamiento acústico a ruido aéreo: el objetivo es que las ondas sonoras pierdan la mayor cantidad de energía posible al atravesar el cerramiento. Cuanto mayor sea la energía que se pierde, mayor será el aislamiento del cerramiento. El aislamiento acústico a ruido aéreo de un elemento constructivo se puede expresar de tres maneras:
  - ✓ en forma gráfica; representando el aislamiento ( $R$  en dB) en función de la frecuencia ( $F$  en Hz)
  - ✓ en forma tabulada; dando valores de frecuencias y aislamiento
  - ✓ mediante un único valor ( $R_w$  en dB)

Los parámetros que definen el aislamiento a ruido aéreo expresados en dBA son:

- $R_A$  índice global de reducción acústica de un elemento (valor medido en laboratorio). A mayor valor de  $R_A$ , mejor aislamiento.
  - $D_{nTA}$  diferencia de presión acústica entre recintos interiores (valor medido in situ). A mayor valor de  $D_{nTA}$ , mejor aislamiento.
  - $D_{2m,n,T,Atr}$  diferencia de presión acústica en fachadas y cubiertas a ruido exterior de tráfico y aeronaves (valor medido in situ). A mayor valor de  $D_{2m,n,T,Atr}$ , mejor aislamiento.
- **Aislamiento acústico a ruido de impacto:** el objetivo es cortar el camino de transmisión de vibraciones mediante la interposición de materiales elásticos. Para alcanzar un nivel de aislamiento a ruido de impacto hay que tener en cuenta:
- ✓ las características de la fuente de ruido, por ejemplo, tipo de objeto que golpea el suelo,
  - ✓ la estructura del suelo,
  - ✓ el tipo de revestimiento o acabado del suelo, por ejemplo, moquetas o revestimientos blandos favorecen el aislamiento.

Los parámetros que definen el aislamiento a ruido de impacto son:

- $L_{nw}$  nivel global de presión de ruido de impacto normalizado medido en laboratorio, en dB. A menor valor de  $L_{nw}$ , mejor aislamiento.
- $L'_{nT,w}$  nivel global de presión de ruido de impacto normalizado medido in situ, en dB. A menor valor de  $L'_{nT,w}$ , mejor aislamiento.

### **2.1.5 Ruido aéreo, ruido de impacto y vibraciones**

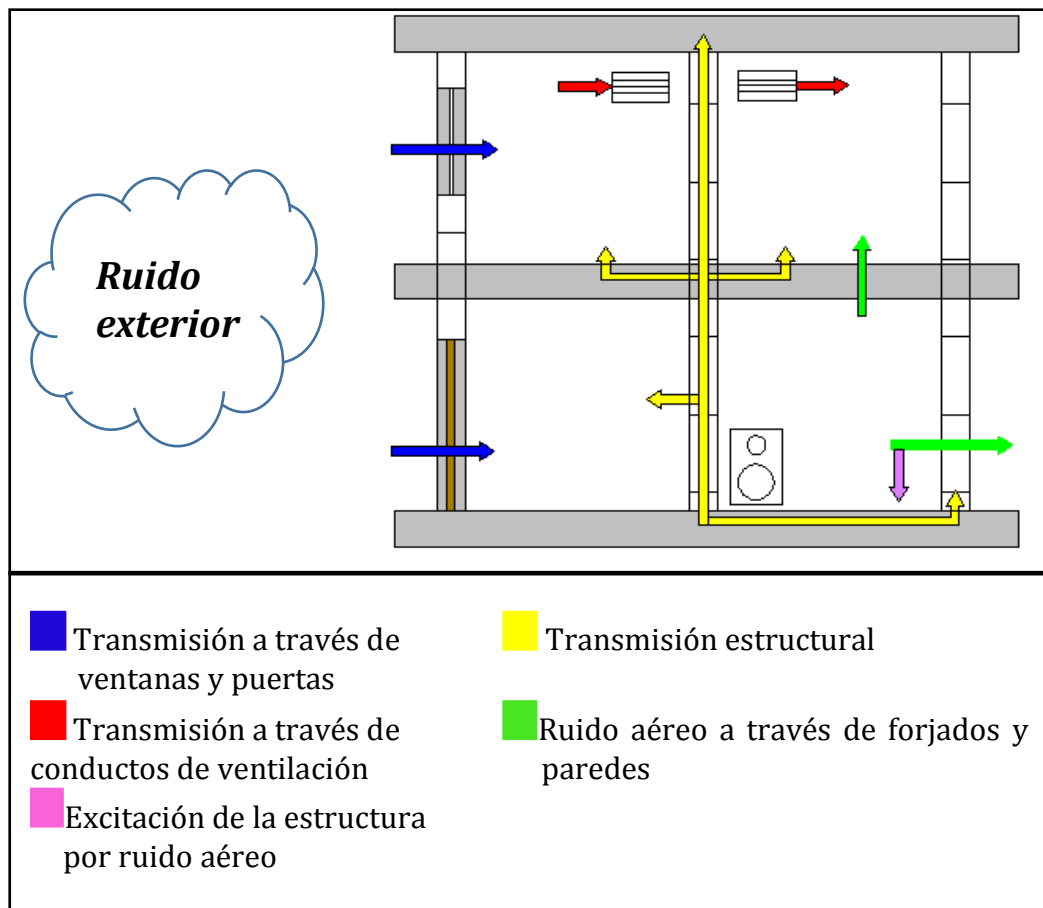
Las vibraciones sonoras se propagan por transferencia de energía de unas partículas a otras adyacentes que encuentre en su camino, ya sean del aire o elementos sólidos, por las siguientes vías <sup>[44]</sup>:

- Toda emisión sonora en una estancia hace vibrar el aire y el sonido, se propaga directamente.
- Cuando las vibraciones chocan con las paredes, éstas entran a su vez en vibración, generando nuevas vibraciones en el aire de la estancia adyacente.
- Cuando una pared está sometida a un golpe, vibra y engendra vibraciones en el aire de la estancia adyacente.
- Cuando las vibraciones sonoras rebotan en las paredes, se produce la reverberación de los sonidos.

Todo golpe o impacto directo, sobre un medio sólido, da lugar a una vibración de dicho medio. Esto significa, que toda la energía cinética del movimiento se convierte en energía vibratoria. El medio de transmisión de dichas vibraciones es ese medio sólido o estructural.

Los ruidos de impactos <sup>[45]</sup> son los originados por golpes o choques sobre las superficies o paramentos que delimitan el local, y que se transmiten a los locales colindantes a través de la vibración de los paramentos horizontales (forjados) y verticales (paredes) que componen la estructura del edificio. El golpe se manifiesta de inmediato por el ruido aéreo generado, y provoca la vibración del elemento receptor de dicho golpe.

La siguiente figura muestra las distintas vías por las que se puede propagar el sonido en un edificio <sup>[46]</sup>:



**Figura 2.2.- Figura Vías de transmisión del sonido en edificios**

## 2.2 Acústica en hospitales

Como se ha visto anteriormente, sin un adecuado tratamiento acústico, un edificio hospitalario puede presentar graves problemas para sus ocupantes, ya que es considerada una edificación crítica por sus múltiples funciones, por lo que hay

contar con un proyecto acústico especializado, preferentemente definido en la etapa de diseño ya que hay que conseguir un ambiente apropiado en materia de ruido [47].

Así mismo, aislar acústicamente recintos hospitalarios no es tarea fácil. Se debe considerar una serie de factores ya que, al ser edificaciones de alta complejidad, conviven diversas actividades como intervenciones quirúrgicas, habitaciones de hospitalización, atención a público, salas de máquinas, entre otras. Por ello, el diseño de los requerimientos debe ser tal que permita el desarrollo de cada una de estas actividades por sí sola y en conjunto. Se debe controlar, entre otros, la reverberación en pasillos y salas de espera, para evitar que los sonidos que se producen en estos sectores, afecten a recintos sensibles, así como el aislamiento entre áreas y el control de ruido y vibraciones [48] para equipos y maquinarias.

Un ambiente sonoro adecuado, contribuye a mejorar la calidad del sueño [49] de los pacientes, a la vez que mejora el nivel de estrés de todos ocupantes de los centros sanitarios.

Además, una estancia más agradable se traduce en una recuperación más rápida de los pacientes, lo cual reduce el tiempo de estancia [50] en el hospital. Esto supone ventajas desde el punto de vista curativo y también ayuda a la sostenibilidad económica del hospital.

Dentro de los hospitales, existen zonas muy diferenciadas en cuanto al tipo de ocupantes y el uso que éstos hacen del espacio. Por ello a continuación solamente se hará mención, a los espacios donde se han realizado las medidas acústicas.

### 2.2.1 Zonas comunes

Las zonas comunes en hospitales son las más abiertas y expuestas al público. Pese a ello, deben ser ambientes acogedores y relajantes donde los visitantes puedan mantener conversaciones relajadas [51]. Acceder al centro mediante un espacio diáfano, bien iluminado y con un ambiente sonoro moderado contribuye a mantener su estado de ánimo en buenas condiciones.

Desde el punto de vista acústico es importante plantear superficies absorbentes del sonido en el techo [52] y en las paredes, para que la voz no rebote en exceso y se generen incómodos ecos aumentando el nivel acústico.

Pensemos que un hospital, es un edificio donde se concentra una cantidad de personas considerable, así que el nivel del sonido puede elevarse rápidamente, debido a la concurrencia y movimientos de gente. Por ello también es muy importante aislarlas acústicamente para evitar que el ruido que se genera traspase a otros espacios que requieren más tranquilidad.

En este aspecto, el Código Técnico de la Edificación establece que el aislamiento acústico a ruido aéreo, entre las zonas comunes y otros recintos del hospital que requieran más protección, como las habitaciones o las unidades de emergencia, debe ser mayor a **50 dBA**.



*Figura 2.3.- Sala de espera Hospital Insular*

Algunas de las zonas comunes, que podemos encontrar en un hospital son las **salas de espera** o los espacios de ocio, como la cafetería. En estos casos, además de disponer absorbentes acústicos en los paramentos verticales y en el techo, es interesante plantear el uso de elementos divisorios móviles que también incorporen aislamiento frente al ruido.

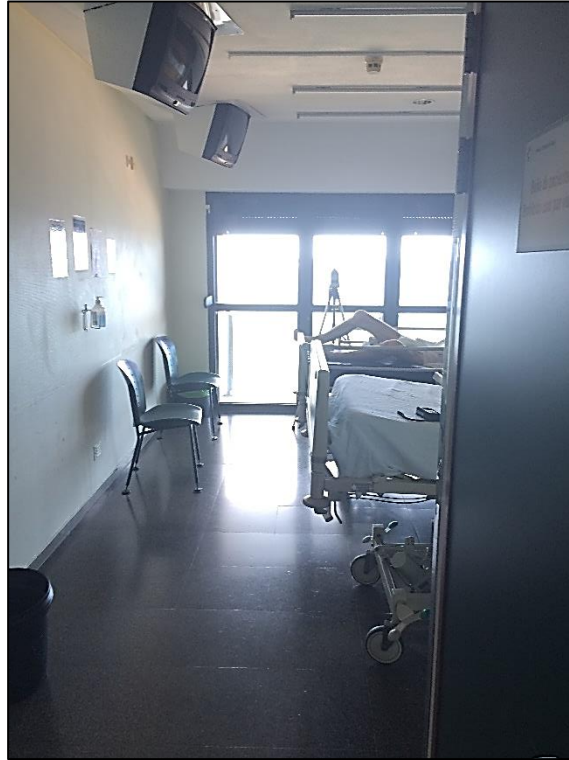
También es importante destacar que para mejorar el confort acústico <sup>[53]</sup> de las personas con pérdida de audición, es importante considerar, en particular, la absorción de bajas frecuencias (125Hz).

### **2.2.2 Habitaciones**

Las **habitaciones** <sup>[54]</sup>, son uno de los espacios clave donde tenemos que prestar especial atención, en el momento de plantear la estrategia de aislamiento acústico de un hospital.

Además de dotar las habitaciones y zonas de reposo de elementos de distracción, como la televisión, es importante garantizar que este ruido no traspase los paramentos generando molestias en habitaciones contiguas, especialmente durante la noche.

Estos paramentos divisorios de las habitaciones, deben presentar unas características que garanticen un aislamiento acústico igual o mayor a **33 dBA**, así como puertas con retenedores que favorezcan la estanqueidad sonora respecto a las zonas de circulación contiguas, donde se suele producir bastante ruido.



*Figura 2.4.- Habitación Hospital Insular*

También es importante, controlar el tipo de pavimento para evitar un gran sonido de impacto, así como aislar correctamente toda la maquinaria del edificio hospitalario, como por ejemplo los aparatos de aire acondicionado, para garantizar una estancia agradable a los pacientes [55].

### 2.2.3 Áreas de trabajo interno

No podemos olvidar las áreas administrativas de trabajo interno de nuestro centro sanitario, más concretamente los **despachos** [56]. Estamos hablando de espacios más tranquilos a nivel de trabajo pero que también generarán ruido debido al constante movimiento del trabajo interno de un hospital.



*Figura 2.5.- Despacho Hospital Insular*

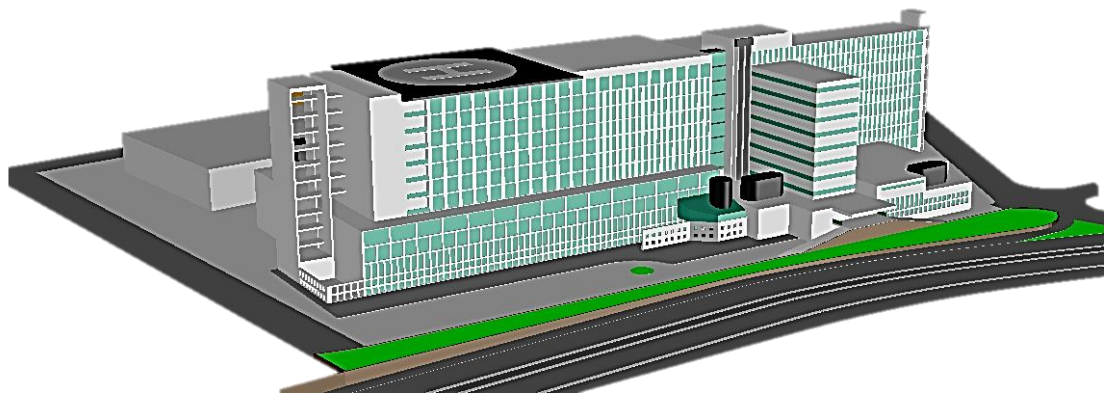
Si no se adecúa el espacio, se puede generar un ambiente acústico caótico con propagación del sonido en todas las direcciones. Esto genera un aumento de los niveles de sonidos que puede resultar muy molesto y provocar distracciones en los profesionales.

Para garantizar una buena calidad acústica, de las zonas administrativas es muy interesante el uso de absorbentes acústicos <sup>[57]</sup> de techo con buenas calidades de absorción para frecuencias discursivas, absorbentes en los paramentos verticales, pantallas para subdividir el espacio y unidades en suspensión situadas a baja altura sobre los escritorios.

Cuando consideramos la acústica, en el diseño de hospitales, es interesante pensar no sólo en la calidad sonora interior, sino también en el impacto del sonido en el entorno exterior más próximo al edificio, ya que las características acústicas del ámbito urbano también deben ser consideradas y evaluadas, como por ejemplo el tráfico rodado con repercusión directa en las fachadas, ya que son uno de los puntos más sensibles de estos centros sanitarios.

#### 2.2.4 Fachadas

Uno de los elementos más sensibles a los ruidos es la **fachada** <sup>[58]</sup> de los centros hospitalarios. Este elemento constructivo es uno de los más complejos cuando hablamos de aislamiento acústico. Esta dificultad viene dada porque en la fachada existen elementos débiles que pueden perjudicar nuestro aislamiento y por tanto el bienestar de los pacientes y del personal hospitalario <sup>[59]</sup>.



*Figura 2.6.- Fachada del Hospital Insular*

Entre los elementos que constituyen la fachada están: la parte ciega, el acristalamiento y carpintería, siendo estos dos últimos elementos más débiles. Los principales problemas de ruido en las fachadas provienen de:

- Ruido exterior transmitido a través de muros y paredes del edificio.
- Falta de sellado de huecos y juntas, dando lugar a una transmisión directa del ruido ambiente al interior.
- Falta de tratamiento acústico en ventanas y persianas.



### **El aislamiento a ruido aéreo de las fachadas**

Cada una de las cuatro caras que, como mínimo, tiene un edificio debería tratarse por separado, ya que cada una de ellas suele estar expuesta a niveles sonoros diferentes. En la práctica, se elige como nivel sonoro para las fachadas de los recintos del edificio, el nivel sonoro incidente más elevado. Según la terminología utilizada en el *DB HR Protección frente al ruido del CTE* español, la fachada es el cerramiento perimétrico del edificio, vertical o con inclinación no mayor que 60°, sobre la horizontal, que lo separa del exterior. Incluye tanto el muro de fachada como los huecos (puertas exteriores y ventanas). También define la fachada ligera, como una fachada continua y anclada a una estructura auxiliar, cuya masa por unidad de superficie es menor que 200 kg/m<sup>2</sup>. El DB HR Protección frente al ruido del CTE, establece unos valores del aislamiento acústico a ruido aéreo <sup>[60]</sup>  $D_{2m,nT,Atr}$  entre un recinto protegido y el exterior, en función del uso del edificio y del nivel sonoro continuo equivalente día  $L_a$  de la zona donde se ubique el edificio. Define la diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas, en cubiertas y en suelos en contacto con el aire exterior para ruido de automóviles,  $D_{2m,nT,Atr}$  como la valoración global <sup>[61]</sup>, en dBA, de la diferencia de niveles estandarizada <sup>[61]</sup> de una fachada, de una cubierta o un suelo en contacto con el aire exterior,  $D_{2m,nT}$ , para un ruido exterior de automóviles.

### **Las ventanas y sus requisitos**

Una ventana <sup>[62]</sup>, es un elemento constructivo que sirve, de una forma funcional y estética, para cerrar el hueco de fachada. Es la parte transparente de la fachada que permite la relación interior/exterior, así como la entrada de aire, iluminación natural, radiación solar y la visión en ambos sentidos. Aproximadamente el 80 % de la ventana es vidrio, soportado sobre unos bastidores de diferentes materiales: madera, aluminio, PVC, poliuretano y mixtos, que permiten la apertura y el cierre de la ventana y protegen el interior de las inclemencias externas y del ruido. Las ventanas con independencia de la materia prima de sus perfiles y sistema de apertura, tienen características fundamentales que afectan a la satisfacción de los requisitos básicos de la edificación. Se concretan en las siguientes características técnicas armonizadas definidas en la norma de producto UNE EN 14351-1: Reacción al fuego; mecanismos de seguridad para ventanas abisagradas y pivotantes; resistencia al impacto, a las acciones del viento, nieve y cargas permanentes; estanquidad <sup>[63]</sup> al agua; emisión de sustancias peligrosas; aislamiento acústico a ruido aéreo; permeabilidad al aire; resistencia térmica y propiedades frente a la radiación solar. Las tres últimas prestaciones son muy importantes para limitar la demanda energética del edificio. Las carpinterías exteriores, el grado de permeabilidad al aire, la masa del acristalamiento, cajas de persiana y el sistema de montaje, influyen de manera decisiva en el aislamiento al ruido aéreo de la fachada de un recinto. La elección de la clase de ventana para un determinado emplazamiento, debe hacerse de forma que responda a la más exigente entre



todas las que se tienen que considerar para cada característica. La primera característica de las ventanas, que afecta su funcionalidad, es el sistema de apertura. En la ventana practicable batiente el accionamiento de la manilla hace que la hoja presione el marco fijo al cerramiento, lo que hace disminuir la penetración del aire, mejora el cierre y permite mejorar la clasificación de permeabilidad al aire y aumenta el aislamiento acústico a ruido aéreo, pero hay que dejar libre de forma permanente el espacio que barre la hoja al abrir. La ventana de corredera no ocupa ningún espacio fuera del volumen del cerramiento ciego, pero el cierre es menos estanco y en general no permite bajas permeabilidades al aire ni elevado aislamiento acústico.

### **La influencia de las dimensiones de la ventana**

Otro factor a tener en consideración es el tamaño de la ventana, pues cuándo se realizan los ensayos en laboratorio <sup>[68]</sup> del índice de reducción acústica de una ventana la muestra ensayada tiene un área aproximada de 1,8 m<sup>2</sup>. Si el área total de la ventana es menor de 2,7 m<sup>2</sup> los valores del índice global <sup>[69]</sup>  $R_w + C_{tr}$  siguen siendo válidos; si su valor está entre 2,7 m<sup>2</sup> y 3,6 m<sup>2</sup> el valor global de la ventana se disminuye en 1 dB; si está entre 3,6 m<sup>2</sup> y 4,6 m<sup>2</sup> disminuye 2 dB y si es mayor de 4,6 m<sup>2</sup> disminuye en 3 dB. Lo anterior debe considerarse al calcular el índice de reducción acústico mixto de las fachadas.

### **El índice de reducción acústica de una ventana ante el ruido de tráfico**

En la teoría, se deduce que el índice de reducción acústica <sup>[64]</sup> ( $R_A$ ) de la fachada, formada por una parte ciega y una ventana, está condicionado por el índice de reducción acústica de componente de menor aislamiento acústico, en general la ventana. Los valores del aislamiento proporcionado por las ventanas se deben determinar mediante ensayo realizado en laboratorio. En el índice de reducción acústica de las ventanas hay que considerar los factores siguientes: Tipo de acristalamiento, dimensiones del acristalamiento, el tipo de carpintería, las juntas y uniones, el sistema de apertura de la ventana, la existencia de persianas y cajón de persiana.

Una de las características del ruido de tráfico <sup>[65]</sup> es que los niveles sonoros más elevados se producen en el rango de las bajas frecuencias, sin embargo, los valores menores del índice de reducción acústica de la fachada de los recintos se obtienen a bajas frecuencias. Esto significa que los niveles sonoros de inmisión en los recintos sometidos al ruido de tráfico tienen una aportación considerable de ruidos de bajas frecuencias. Por razones de confort térmico y ahorro energético las ventanas habitualmente tienen un acristalamiento doble, (vidrios monolíticos o laminados), separados por una cámara. En la práctica la cámara suele ser de 6 mm a 16 mm, y la frecuencia masa-aire-masa del sistema formado por los dos vidrios y la cámara se sitúa en las bajas frecuencias. Experimentalmente, al comparar el índice de reducción acústica de ventanas con vidrios iguales y sistemas de apertura diferente, se comprueba el mejor aislamiento acústico de las ventanas

practicables que las deslizantes. Sin embargo, a bajas frecuencias el comportamiento es muy parecido.

Para el caso de las ventanas el índice de reducción acústica  $R$  se transforma en el índice global de reducción acústica  $R_w$ , en dB. El índice global del aislamiento acústico de un elemento de construcción o entre recintos depende del espectro acústico de la fuente de ruido emisora. En consecuencia, se añade al índice global ponderado <sup>[66]</sup> un término de adaptación al espectro, en dB, para tener en cuenta las características de un espectro de ruido particular. En el caso del ruido de tráfico se utiliza  $C_{tr}$ , término de corrección para ruido de tráfico urbano ponderado A.

La inclusión de material en el cajón de persiana mejora el índice de reducción acústica a altas frecuencias, pero no modifica los valores globales del aislamiento acústico. Cuando se calculan los valores globales con el término de adaptación por ruido de tráfico  $R_w + C_{tr}$ , para los diferentes tipos de ventanas (sin cajón de persiana, con cajón, persiana bajada o subida, etc) las diferencias entre los valores obtenidos se minimizan. Esto es debido al hecho de que en todos los casos de ventanas con vidrios dobles los menores valores del índice de reducción acústica están situados por debajo de la banda de frecuencia central a 400 Hz.

Cuando en una ventana con acristalamiento doble la persiana <sup>[67]</sup> está bajada la ventana funciona como un sistema de tres hojas y hay una disminución en el índice de reducción acústica en las bandas de frecuencia donde están situados los modos normales de vibración del sistema triple. A altas frecuencias el índice de reducción acústica de una ventana cuando la persiana está bajada es mucho mayor que cuando la persiana está subida. Los índices de reducción acústica de ventanas con cajón de persiana prefabricado, a medias y altas frecuencias son mayores en las ventanas practicables que en las deslizantes para todos los tipos de vidrios.

### **Mapas de ruido de fachada elaborado por la Comunidad Autónoma**

En el ámbito del Hospital Insular, se han podido obtener datos acústicos referentes a mapas de fachadas de los periodos día, tarde, noche, de la página de la Cartográfica de Canarias <sup>[70]</sup> (GRAFCAN), que a continuación se mostrarán:

Los distintos periodos horarios considerados para el cálculo de los diferentes índices de ruido son, según el Real Decreto 1513/2005, de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la Evaluación y Gestión del Ruido:

- Periodo Día: le corresponden 12 horas, de 07:00 a 19:00
- Periodo Tarde: le corresponden 4 horas, de 19:00 a 23:00
- Periodo Noche: le corresponden 8 horas, de 23:00 a 07:00

### a) Niveles de fachada día y tarde

Durante el periodo, día y tarde, los niveles acústicos en la fachada, poseen los mismos valores, las zonas más expuestas del hospital, son obviamente las que están más cerca de la avenida Maritimita, llegando a estar en torno a los  $70-75 \text{ dBA}$  (línea roja), en la fachada, del hospital, como se observa en la siguiente figura. De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación DB-HR, el aislamiento acústico, que debería existir en una entre un recinto protegido y el exterior, está establecido en  $42 \text{ dBA}$ , para valores entre  $70-75 \text{ dBA}$ .



*Figura 2.7- Niveles acústicos de la fachada del Hospital Insular valores día y tarde*

### b) Niveles de fachada noche

Durante el periodo, noche, se nota un claro descenso, en torno a los  $10 \text{ dBA}$ , debido a la disminución del tráfico rodado, llegando a tener valores entre  $60-65 \text{ dBA}$  (línea color crema), en la fachada del hospital. Es importante mencionar que con el Código Técnico de la Edificación DB-HR, nos da valores de aislamiento, tomando como referencia, **niveles, periodo día ( $L_d$ )**.



*Figura 2.8.- Niveles acústicos de la fachada del Hospital Insular valores noche*

## 2.3 Fuentes de generación de ruido en hospitales

La contaminación acústica, es un serio problema ambiental en muchas áreas urbanas <sup>[71]</sup>. Existen varios factores que intervienen en la cantidad de contaminación acústica que existe en una ciudad o centro urbano; en el cual se identifica fuentes y causas <sup>[72]</sup> que puedan ocasionar ruidos molestos. Es importante tener en cuenta que cada sitio específico cuenta con sus propias características como la topografía del territorio y la topología de las edificaciones, las cuales afectarán a la generación de ruido por zonas y a la expansión del mismo.

En el ámbito hospitalario <sup>[73]</sup>, pueden existir fuentes de ruidos <sup>[74]</sup> externos e internos. Entre las *fuentes internas* de ruido se pueden encontrar equipos de ventilación y aire acondicionado, alarmas, teléfonos, monitores de ritmo cardíaco, radio, televisión y las actividades generales del hospital como visitas familiares y actividades médicas.

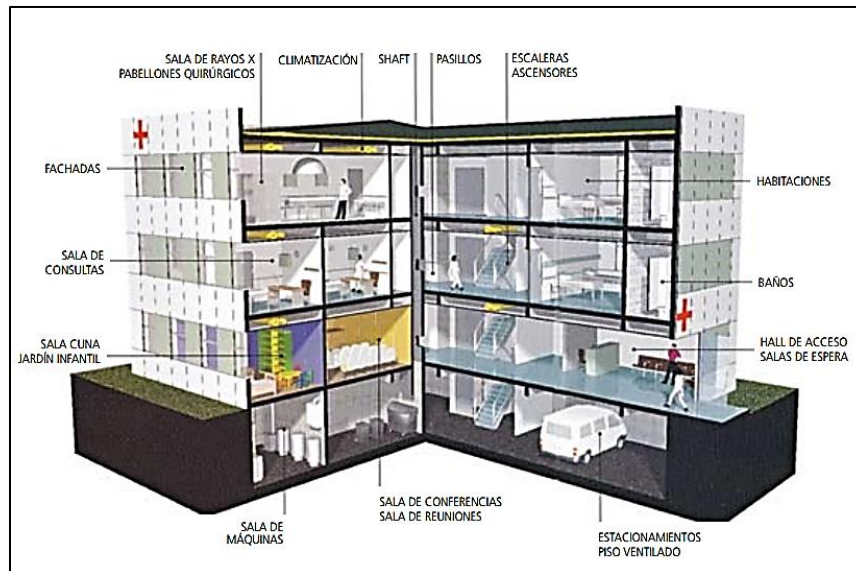
Entre las *fuentes externas* de ruido, que pueden afectar directamente a los hospitales, se encuentran el ruido de tráfico, en que los autos pueden alcanzar los **85 dBA** y los camiones o vehículos más grandes los **90 dBA**, actividades comerciales cercanas.

Es común en todas las investigaciones <sup>[75]</sup>, señalar que son los vehículos a motor la fuente principal de contaminación acústica. De hecho, existe un gran consenso para apuntar que nada menos que el 80%, de la contaminación acústica, que se genera en nuestras ciudades procede de esta fuente. El tráfico rodado es, pues, la fuente principal de contaminación acústica. En nuestro caso en la zona del Hospital Insular de Gran Canaria, me atrevería a decir que mucho más del 80%, proviene del exterior, habida cuenta del flujo de vehículos continuo, que se encuentra en una arteria de tráfico importante, de la ciudad y la isla.

### 2.3.1 Con Afectación Directa al Hospital Insular

Seguidamente, se mencionarán las fuentes de ruido internas y externas con afectación directa al Hospital Insular.

Dentro de las **fuentes internas**, de generación de ruido se pueden encontrar los equipos generadores de respaldo eléctrico que pueden llegar a transmitir más de **90 dBA**, a las áreas contiguas, otra fuente sonora son los sistemas de información y noticias a través de altavoces donde se solicitan a los doctores y demás personal médico que trabajan en el hospital; equipos de climatización que transmiten ruido a través de los ductos; los ascensores también contribuyen, por su naturaleza producen ruidos en períodos cortos de tiempo, pero intensos; alarmas, teléfonos, monitores de ritmo cardíaco y las actividades generales del hospital como visitas familiares y actividades médicas. Pero hay más, ya que las cañerías transportando fluidos, los equipos en funcionamiento, no sólo generan ruido, sino también vibraciones. El ruido viaja, por vía aérea, mientras que las vibraciones, se desplazan por las estructuras recorriendo largas distancias, generando problemas tanto en las personas, como en la misma estructura.



**Figura 2.9.- Esquema que muestra las distintas zonas de ruidos de un recinto hospitalario**

Dentro de las **fuentes externas**, que son los más fuertes y complejos de tratar, ya que los hospitales se suelen instalar en áreas de fácil acceso y, por lo tanto cercanos a fuentes de ruido, como el tráfico de acceso al hospital y emergencias, centros universitarios cercanos, que puede fomentar el mayor tráfico de vehículos (guaguas) y sirenas de ambulancias o autos de policías.

Como *fuentes de externas*, destacaríamos las siguientes:

#### **a) Producida por el ruido del helipuerto**

Otro punto no menor es el helipuerto [76], no siendo fuentes sonoras muy potentes a causa de la velocidad que alcanzan en comparación con los aviones, pero sí muy molestos debido a su campo de operación, al sobrevolar, en muchos casos, a escasa altura o zonas con elevada población.

En un helicóptero convencional, dotado de motor alternativo, el ruido emitido se debe principalmente a los gases de escape del motor, pero no puede obviarse el ruido generado por la transmisión y engranajes que dificultan la comunicación oral en el interior, así como el ruido de los rotores, predominando el ruido rotacional del rotor de cola y el ruido de remolino del rotor principal.

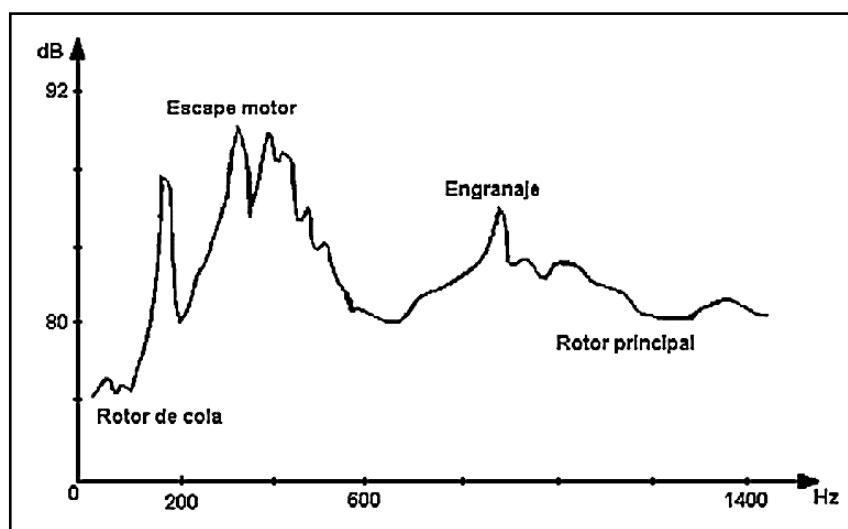


Figura 2.10.- Espectro de ruido emitido por un helicóptero clásico

Existe un proyecto, denominado Plan de Urgencias Sanitarias Canarias del 2015 <sup>[77]</sup>, en donde **a medio plazo** (de uno a tres años) se pretende elaborar, un plan de actualización y mejora de las helisuperficies y helipuertos en las islas, a cargo de la Gerencia y Direcciones Territoriales GSC en colaboración con la Dirección General de Emergencias del Gobierno de Canarias con fecha de inicio en el 2017, cuya revisión está prevista para el 2018.

Y **largo plazo** (superior a tres años) la adecuación de helisuperficies cercanas a los centros de salud, para facilitar posibles traslados sanitarios urgentes en helicóptero, a cargo de Jefe de Servicio de Atención Urgente en la Dirección Territorial de Gestión de servicios para la salud y la seguridad de Canarias, cuya fecha de inicio fue en 2016 y las evaluaciones se realizarán anualmente.

Para el caso del Hospital Insular, cuenta con un helipuerto ubicado en la azotea del mismo, con operatividad orto-ocaso (8:00 am - 20:00 pm), mangas de viento y certificación de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), por el contrario, le falta ayuda visual para operaciones nocturnas. La superficie total del helipuerto es de 605,49 metros cuadrados, con diámetro de 28 metros, la superficie donde se posa el helicóptero es de 315,62 metros cuadrado, con un diámetro de 20 metros.

Es importante mencionar, que durante las medidas realizadas *in situ*, no se realizaron operaciones de vuelo de helicópteros.

#### b) Producida en el proyecto de tren.

Aunque todavía no se han implantado en las Islas Canarias, hay que mencionar que el futuro tren en Las palmas de Gran Canaria, esta englobado dentro del en Plan Territorial Especial 21 <sup>[78]</sup> (PTE-21) los proyectos en estudio deberán contemplar el posible impacto en el territorio, en nuestro

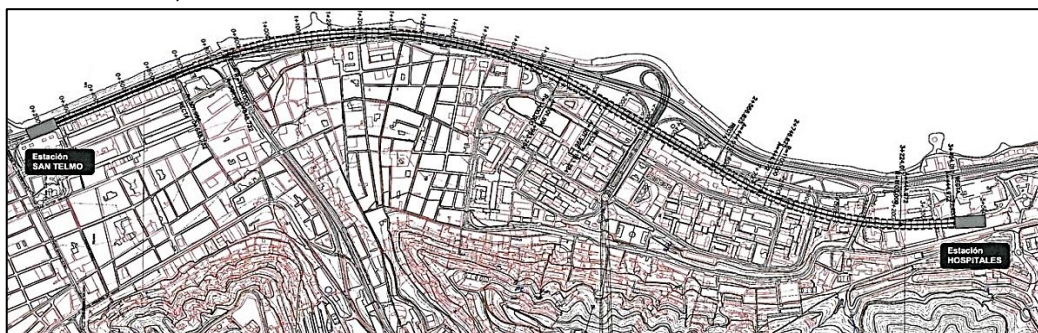


caso, en tren pasará por la parte trasera del Hospital Insular, considerando también que, discurrirán muy próximos a áreas edificadas.



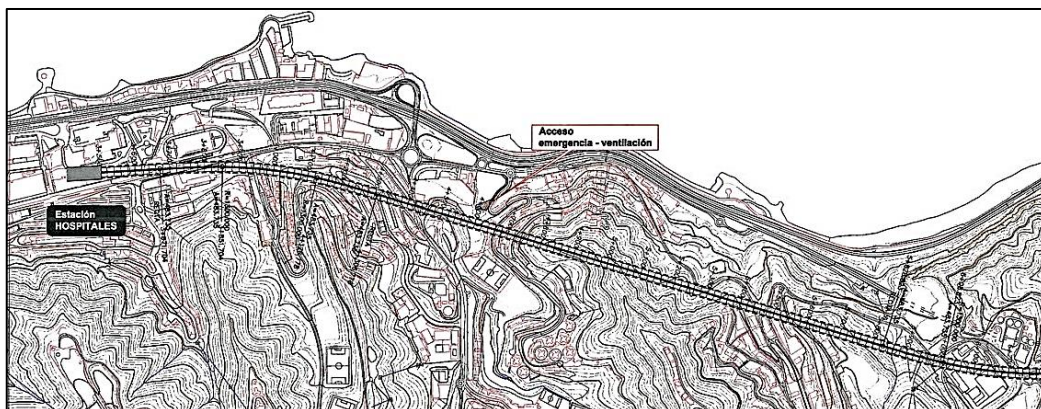
*Figura 2.11.- Futura estación de tren en Hospital Insular*

De acuerdo con el PTE-21 el proyector ferroviario constará de 5 tramos, el Hospital Insular estará integrado dentro del **tramo 1**: Parque de San Telmo-Hospitales y el **tramo 2** Hospitales-Aeropuerto. El tramo 1 tiene una longitud aproximada de tres kilómetros y medio. Es un tramo totalmente urbano en el que la nueva infraestructura de transporte deberá discurrir en túnel, por los barrios de Triana, Vegueta y Vega de San José. Comienza en la **estación subterránea** del Parque de San Telmo, zona con características óptimas para el emplazamiento de una estación del nuevo sistema de transporte por su inmejorable situación en el núcleo urbano (en una importante zona de la ciudad, con acceso directo a servicios administrativos, comerciales e histórico-culturales) y a la posibilidad de gozar de una óptima inter-modalidad con la red de transporte público urbana. (En los estudios de demanda y rentabilidad realizados, se ha comprobado la importancia para la viabilidad del sistema de acceder a un punto céntrico y óptimamente conectado con la red de transporte urbano de Las Palmas de Gran Canaria como es el Parque de San Telmo). El tramo termina en la zona de hospitales (Hospital Insular) también **estación subterránea**. Se ha considerado conveniente disponer una estación en este punto por tener una importante connotación social dentro del corredor, como el conjunto sanitario formado por el Hospital Insular, el hospital Materno-infantil y la zona universitaria del denominado, Cono Sur.



**Figura 2.12.- Tramo 1: Estación San Telmo - Hospitales**

El tramo 2 tiene una longitud aproximada, en línea recta, de 16 kilómetros y es el que, por las condiciones orográficas y por la ocupación del territorio realizada en el proceso urbanizador, presenta unas mayores dificultades para la implantación del nuevo sistema de transporte. Comienza en la estación de Hospitales, y termina en la estación del aeropuerto (también **estación subterránea**).



**Figura 2.13.- Tramo 2: Estación Hospitales - Aeropuerto**

Durante la fase operativa sólo se producirá el ruido, por el tránsito de los trenes por la vía ferroviaria, no obstante debido al relativo bajo tránsito previsto (1 tren cada doce-quince minutos), los niveles de ruido de la circulación a 20 metros del eje de la vía férrea raramente sobrepasen los **60-65 dB**, de *forma esporádica*, por lo que el impacto que se producirá será muy moderado no afectando a espacios colindantes de manera significativa, pudiendo definirse consecuentemente, aunque permanente e irreversible, como poco significativo.

### **c) Producida por el ruido del tráfico**

Los ruidos producidos por el tráfico, tienen su origen en el vehículo, que es la fuente emisora. Puede originarse en los propios elementos mecánicos que lo componen o en su movimiento. El ruido de la circulación rodada, está formado por la acumulación del conjunto de los niveles de ruido producidos de forma individual por cada uno de los vehículos que hay en funcionamiento <sup>[79]</sup>.

Un receptor situado en las proximidades de una carretera, al paso de un vehículo aislado tiene la sensación de que el nivel sonoro de fondo se incrementa hasta alcanzar un valor máximo y vuelve a disminuir a medida que se aleja. Cuando el tráfico tiene una cierta intensidad, el ruido percibido pasa a ser continuo, variando a lo largo del tiempo, pero desapareciendo prácticamente los intervalos de silencio. Entonces, la carretera puede considerarse como una fuente lineal de ruido.

El ruido debido al tráfico, en una vía de circulación fluctúa constantemente en el tiempo, y no es fácil de describir de una manera simple.

La potencia de emisión de una carretera viene determinada por el tráfico que circula por la misma. El conocimiento de las características y



condiciones de este tráfico serán por lo tanto los parámetros necesarios para analizar la fuente de ruido [80].

En nuestro caso, el Hospital Insular está situado al frente de la avenida Marítima, de densidad de tráfico rodado considerable, por lo que, para tener una primera idea de los niveles producidos en la avenida, a continuación, se presentará una comparativa de los mapas de ruido, elaborados en 2012, de los periodos día, tarde y noche, los cuales han sido obtenidos de la página Cartográfica de Canarias, en su visor web (GRAFCAN).

- Periodo Día: le corresponden 12 horas, de 07:00 a 19:00
- Periodo Tarde: le corresponden 4 horas, de 19:00 a 23:00
- Periodo Noche: le corresponden 8 horas, de 23:00 a 07:00

La situación del Hospital Insular es la siguiente:

### 1) Periodo día

Durante el periodo día, el límite fijado por la ordenanza municipal de Las Palmas de Gran Canaria, para zonas sanitarias en el exterior es de 45 dBA. La arteria principal de circulación, la avenida Marítima, supera los valores máximos fijados llegando a ser superior a **75 dBA**, registrando mayores niveles ya que soporta un mayor tráfico de vehículos. Al considerar los vehículos como fuente lineal, es decir cada vez que doblamos la distancia con respecto al emisor (la avenida), la intensidad se reduce en 3 decibelios, pese a ello en las inmediaciones del hospital, los niveles llegan a estar entre 65-70 dBA, superando la normativa municipal, en general es una zona de afección importante, debido al ruido del tráfico rodado, producido en la avenida.



*Figura 2.14.- Mapa de Ruido del Hospital Insular. Valores día*

### 2) Periodo tarde

En el centro hospitalario, durante el periodo tarde, los valores no son muy diferentes a los observados durante, el periodo día. En la avenida Marítima, sigue llegando niveles superiores a 75 dBA, ya que es una de las principales arterias de circulación de vehículos, en las

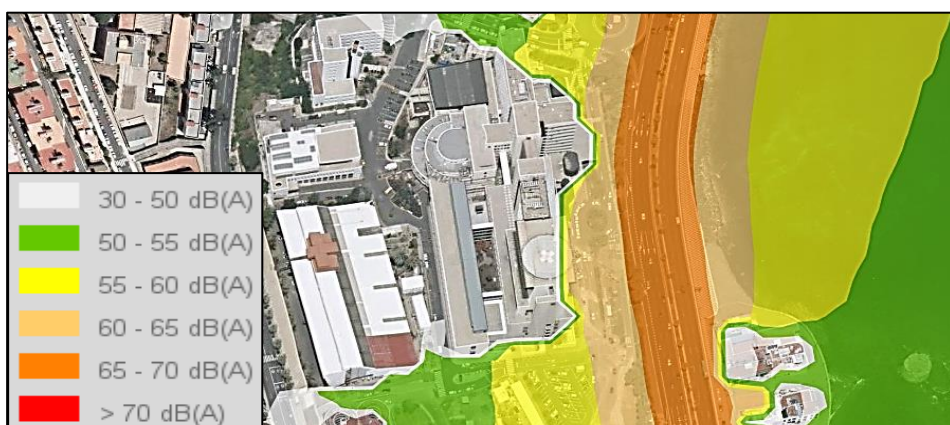
inmediaciones del hospital los niveles se mantienen entre 65-70 dBA. La diferencia es mínima debido a la gran actividad vehicular que se desarrolla en la zona del casco urbano, en el periodo de tarde.



**Figura 2.15.- Mapa de Ruido del Hospital Insular. Valores vespertinos**

### 3) Periodo noche

Los niveles de ruido en el periodo nocturno, sufren un notable descenso a consecuencia de la disminución del tráfico en este periodo. El límite fijado por la ordenanza municipal, para zonas sanitarias en el exterior, durante este periodo, es de 35 dBA, pero aun así se observan unos niveles elevados de ruido entre 65-70 dBA en la avenida. Incluso pese al descenso de tráfico rodado, los niveles en las inmediaciones del hospital llegan a estar entre 55-60 dBA, siendo superiores al fijado por la normativa municipal.



**Figura 2.16.- Mapa de Ruido del Hospital Insular. Valores nocturnos**

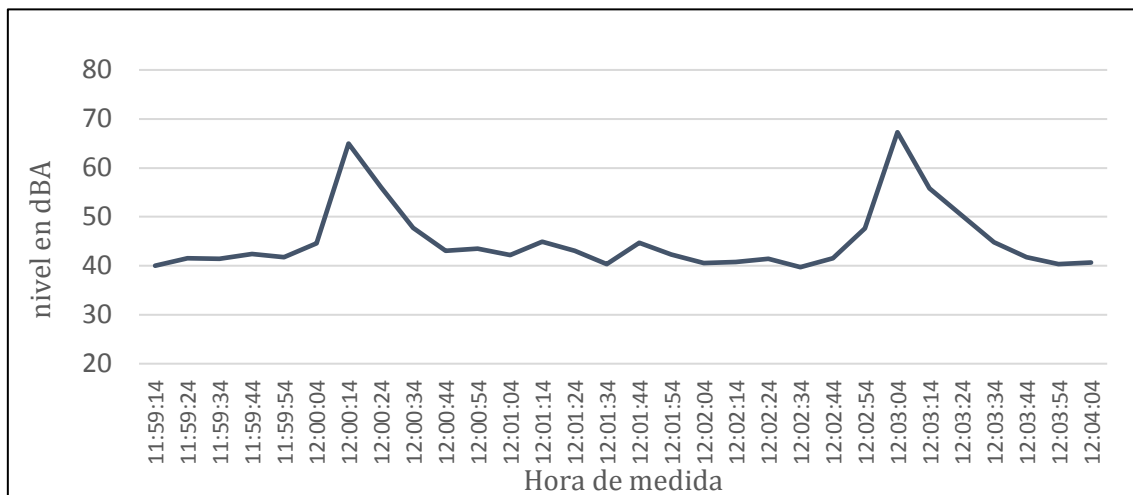
Se observa que la avenida es un foco de contaminación acústica importante, estando los niveles de ruido, *fuera* de lo establecido por la ordenanza municipal.

## 2.4 Características del tráfico rodado

### 2.4.1 Intensidad del tráfico

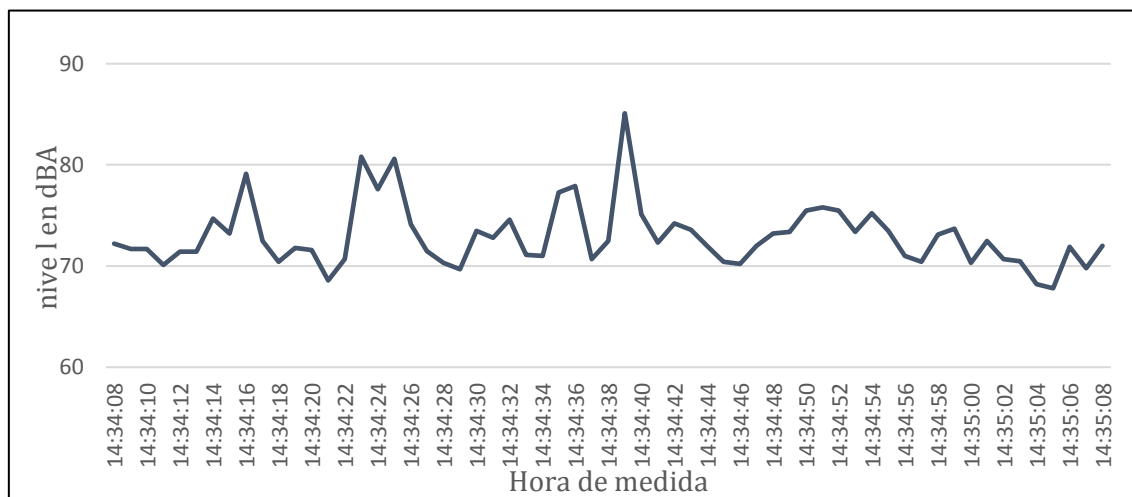
La intensidad del tráfico es el número de vehículos que circulan por una sección de la carretera en una unidad de tiempo (vehículos/hora, vehículos/día, etc.). Cuantos más vehículos circulen por un tramo de carretera durante un periodo determinado, mayor será el nivel sonoro equivalente en el entorno de la carretera para ese periodo. Desde el punto de vista acústico, una duplicación del número de vehículos, con el resto de condiciones homogéneas, se traduce en un **aumento de 3 dBA** de los niveles sonoros. El tráfico no permanece constante a lo largo del tiempo. Se producen variaciones horarias, diarias, semanales, estacionales, etc. Se suele conocer de las carreteras el valor de la **IMD (Intensidad Media Diaria)**; es el número total de vehículos que ha pasado por una sección de una carretera durante un año dividido por 365. Este dato es en general insuficiente; para según qué evaluaciones es necesario conocer el tráfico en una hora representativa del periodo que se está evaluando: periodo día, periodo vespertino, periodo noche, 24 horas, etcétera <sup>[81]</sup>.

A continuación, se muestra la representación gráfica del ruido medido en la calle Cuzco de Las Palmas de Gran Canaria, con una circulación escasa. Se puede apreciar la existencia de un ruido de fondo de unos **40 dBA** sobre el que destaca claramente el paso de algunos vehículos aislados en forma de picos más o menos acusados <sup>[82]</sup>.



**Figura 2.17.- Ruido medido en la calle Cuzco con circulación escasa**

En el caso de circulación intensa, el nivel de ruido de fondo es mucho mayor, en torno a los **70 dBA**, y la existencia de máximos individualizados ya no es tan evidente, sino que las fluctuaciones de valores del nivel de ruido son ahora más notorias debidas al continuo flujo de vehículos [82].



**Figura 2.18.- Ruido medido en la Av. Marítima con circulación intensa**

Para este trabajo, los datos del tráfico han sido cedidos por el Cabildo de Gran Canaria, información que contiene el número de vehículos por hora, estando entorno a los 3 724 vehículos.

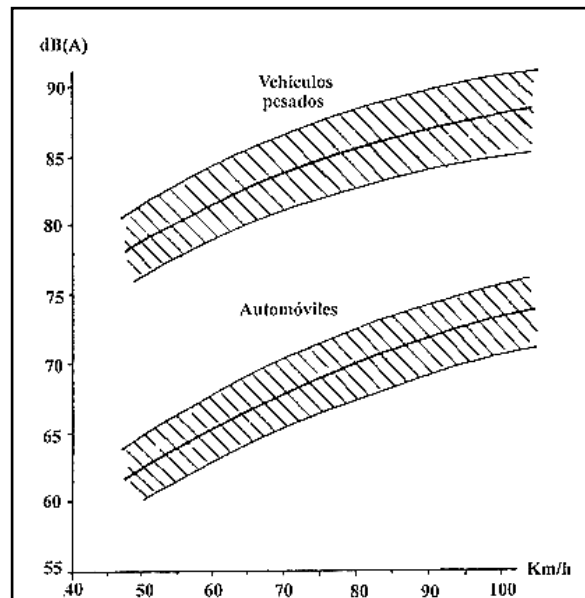
### 2.4.2. Velocidad media del tráfico

A mayor velocidad mayor potencia de emisión y mayor nivel de ruido en los receptores. Es preciso conocer al menos el dato de la velocidad media del tráfico que es la velocidad que es sobrepasada por el 50% de los vehículos que circulan por el tramo de carretera considerado, aunque es conveniente establecer distintas velocidades para las distintas categorías de vehículos [82].

### 2.4.3 Composición del tráfico

Es necesario conocer el tipo de vehículos que circulan por la carretera. Al menos deben establecerse categorías separadas para vehículos ligeros y pesados, y si es posible para motocicletas. Lo habitual es tener datos del porcentaje de vehículos pesados con respecto al tráfico total.

Para velocidades superiores a 60 km/h en turismos y 80 km/h en camiones, el ruido de rodadura es más importante que todos los demás, de manera que, a partir de esas velocidades, quedan enmascarados los demás [82].



*Figura 2.19.- Variación con la velocidad, del nivel sonoro en función del tipo de vehículo*

También influye el régimen de revoluciones del motor de forma que si funciona a un régimen de 1.000 rpm (revoluciones por minuto), el nivel de presión sonora puede ser de unos 70 dBA, y que se elevan a más de 100 dBA si sobrepasa las 4.000 rpm. Esto supone que, a igualdad de condiciones, un vehículo circulando a 4.000 rpm produce tanto ruido como 32 desplazándose a 2.000 rpm. Por esto, los habitáculos que encierran los motores se deben aislar lo mejor posible, para evitar que salga el ruido al exterior.

Otro aspecto a tener en cuenta es el combustible utilizado pues los motores de gasóleo son, en general, más ruidosos que los de gasolina. Según el tipo de vehículo también hay diferencias: los turismos modernos tienen unos valores similares, mientras que los camiones, autobuses, motos, etc. son mucho más variables, ya que la gama de factores que intervienen es de mayor amplitud [25].

#### **2.4.4. Espectro normalizado del ruido de tráfico**

El espectro del ruido es una mezcla de todos los espectros característicos de los vehículos individuales. A pesar de que los objetivos se plantean siempre en términos de ruido global, el análisis en frecuencias permite identificar las contribuciones al ruido total de determinadas fuentes sonoras del tráfico o de un vehículo concreto, y es fundamental para estudiar la propagación y las medidas correctoras. Es necesario conocer la distribución en frecuencias del ruido del tráfico para, por ejemplo, calcular el aislamiento de una fachada o el diseño de una barrera acústica. El Comité Europeo de Normalización ha establecido un espectro de referencia normalizado de tráfico, adoptada en España a través de la UNE-EN 1793-3:1998, para la evaluación del comportamiento acústico de los dispositivos reductores de ruido de tráfico (pantallas acústicas). [82]

Frecuencia central fi ( Hz)	Nivel de presión sonora, normalizado ponderado A Li. dBA
100	-20
125	-20
160	-18
200	-16
150	-15
315	-14
400	-13
500	-12
630	-11
800	-9
1000	-8
1250	-9
1600	-10
2000	-11
2500	-13
3150	-15
4000	-16
5000	-18

*Tabla 2.1.- Espectro de referencia normalizado del ruido de tráfico*

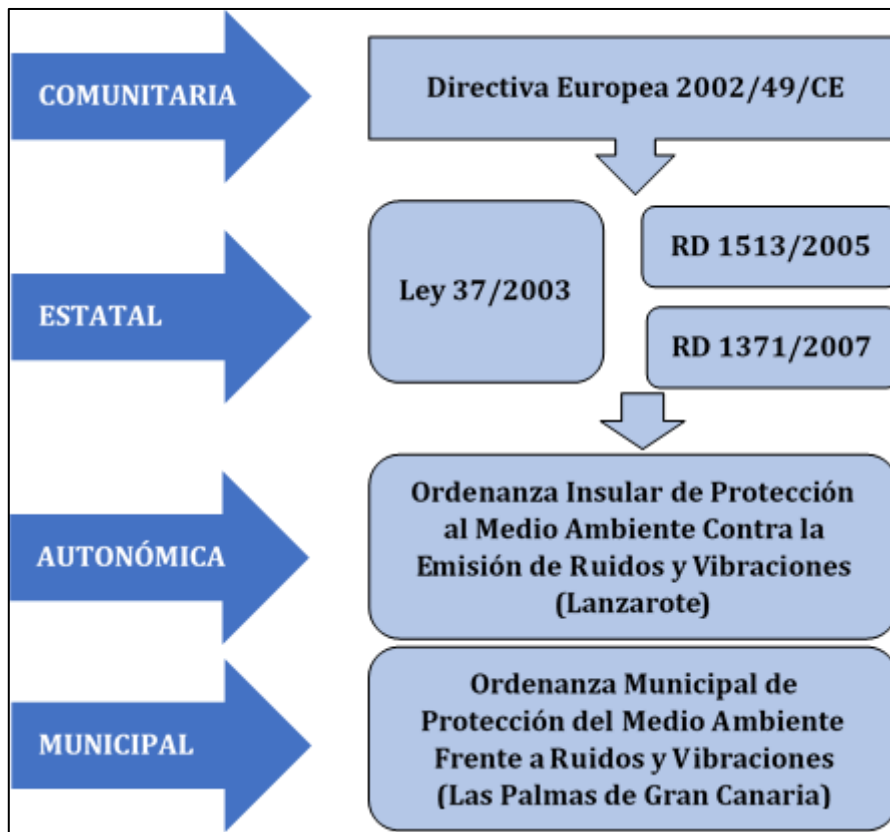
## 2.5 Mecanismos de control y regulación

Debido a que existe una gran cantidad de fuentes de ruido que afectan a la degradación ambiental ya que incide de forma significativa y perceptible sobre la salud y el bienestar del hombre y de las comunidades. Por esta razón, se comienza a dar importancia a la instauración de normas que aboguen por una mayor concienciación medioambiental. Desde el Parlamento Europeo y el Consejo Europeo pasando por el Gobierno Español y hasta los ayuntamientos han elaborado, persiguiendo dicho fin, una serie de directivas, leyes, reales decretos, órdenes y ordenanzas municipales.

Cuando se implantan leyes sobre el control y reducción de la contaminación acústica producida por el ruido del tráfico rodado, es importante examinar previamente las implicaciones económicas que se pueden derivar de su aplicación, examinando previamente todas las soluciones técnicamente viables.

Normalmente, las normas internacionales de control de contaminación acústica se encuentran relacionadas directamente con la zonificación urbana y el uso de suelo en las ciudades. Esto con el fin de establecer límites de ruido que se consideren admisibles dentro de las diferentes áreas urbanas y tomando en cuenta las actividades que se llevan a cabo dentro de las mismas.





*Figura 2.20.- Esquema legislativo aplicable en lo relativo al Ruido*

A continuación, se mencionan algunos de los aspectos más importantes de cada una de las normativas que se han tenido en cuenta a la hora de realizar este Proyecto.

### 2.5.1 Legislación Europea <sup>[83]</sup>

La referencia más general a nivel europeo es el V Programa de Acción en relación con el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible de mayo de 1992. En dicho programa se ponen límites al crecimiento de la contaminación acústica y se dan por buenos aquellos niveles que pueden resultar tolerables. Se establecen unos objetivos a alcanzar:

- Impedir que la población esté expuesta a niveles de ruido superiores a 65 dBA y que en ningún momento se superen los 85 dBA.
- La población de las ciudades que ya esté expuesta a niveles comprendidos entre los 55 y 65 dBA, no debería verse afectada por niveles superiores.
- La población actualmente expuesta a niveles inferiores a 55 dBA, no debería verse afectada por niveles superiores.

El 5 de noviembre de 1997, la Comisión Europea presentó el Libro Verde sobre la política futura de lucha contra el ruido. Este fue el punto de partida para que, años más tarde, el 25 de junio de 2002, fuese aprobada la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión de ruido ambiental.

### 2.5.2 Legislación Estatal

En la legislación existente a nivel estatal, en cuanto a contaminación acústica se refiere, se pueden distinguir las siguientes normas:

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico.
- Legislación Autonómica.
- Legislación Local: Ordenanza Municipal de Protección del Medio Ambiente Frente a Ruidos y Vibraciones.

#### 2.5.2.1 Ley 37/2003 del Ruido <sup>[84]</sup>

La Ley Española 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, regula la contaminación acústica con un alcance y un contenido más amplio que el de la propia Directiva (2002/49/CE), ya que, además de establecer los parámetros y las vibraciones en el espacio interior de determinadas edificaciones. Así mismo, dota de mayor cohesión a la ordenación de la contaminación acústica a través del establecimiento de los instrumentos necesarios para la mejora de la calidad acústica de nuestro entorno. La directiva sobre el Ruido se completa a nivel estatal con el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

#### 2.5.2.2 Real Decreto 1367/2007 <sup>[85]</sup>

Las directivas europeas reguladoras de los niveles de emisión de ruido tienen sus correspondientes transposiciones en España en forma de Real Decreto. En un primer momento se aprueba en España la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, que tiene por objeto *“prevenir y regular la contaminación acústica con un alcance y contenido más amplios que el de la Directiva Europea”*. Posteriormente, el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, *‘desarrolla la ley anteriormente citada en lo referente a la gestión y evaluación del ruido ambiental, completó la transposición de la Directiva Europea y precisó los conceptos de ruido ambiental y sus efectos sobre la población, junto a una serie de medidas necesarias para la consecución de los objetivos previstos, tales como la elaboración de los mapas estratégicos de ruido y los planes de acción o las obligaciones de suministro de información’*.

En consecuencia, el Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, ha supuesto un desarrollo parcial de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, ya que *“ésta abarca la contaminación acústica producida no sólo por el ruido ambiental, sino también por las vibraciones y sus implicaciones en la salud, bienes materiales y medio ambiente, en tanto que el citado real decreto, sólo comprende la contaminación*



*acústica derivada del ruido ambiental y la prevención y corrección, en su caso, de sus efectos en la población”.*

En dicho Real Decreto, agrupado en ocho capítulos, se contemplan medidas de carácter básico respecto de la propia ley de ruido. A continuación se muestran los aspectos más relevantes:

- Se establecen los índices del ruido y de vibraciones aplicables para la evaluación de los objetivos de calidad acústica en los distintos periodos temporales (se fijan tres diarios). - Criterios mínimos para la asignación de un sector del territorio a un determinado tipo de área acústica.
- Las áreas acústicas se clasificarán, en atención al uso predominante del suelo, en los tipos que determinen las comunidades autónomas. El Reglamento fija unos mínimos: Industrial, Residencial, Sanitario, Docente, Uso recreativo y Terciario, afectados por sistemas generales de infraestructuras y espacios naturales protegidos.
- La delimitación de las áreas acústicas queda sujeta a revisión periódica, que deberá realizarse, al menos cada diez años desde la fecha de su aprobación.
- El nuevo real decreto considera, el supuesto de áreas acústicas y edificaciones localizadas en áreas urbanísticamente consolidadas existentes en el momento de su publicación en las que no se cumplan los objetivos de calidad acústica anteriores. En esta situación se establece como objetivo de calidad acústica la mejora acústica progresiva del medio ambiente hasta alcanzar los valores fijados.
- Regula el control de las emisiones de los diferentes emisores acústicos, incluidos los vehículos a motor, para los que se prevé, además, un régimen específico de comprobación de sus emisiones acústicas a vehículo parado.
- Regula los métodos de evaluación de la contaminación acústica, así como el régimen de homologación de los instrumentos y procedimientos que se empleen en dicha evaluación.
- La regulación de la elaboración de mapas de contaminación acústica.

Por otra parte, se establecen los objetivos de calidad acústica aplicable a las distintas áreas acústicas así como a las edificaciones comprendidas por esta (viviendas, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales), quedando fijados los valores de los índices acústicos que no deben sobrepasarse para su cumplimiento.

Tipo de área acústica		Índices de ruido (dBA)		
		L <sub>d</sub>	L <sub>n</sub>	L <sub>n</sub>
<b>e</b>	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso <b>sanitario</b> , docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
<b>a</b>	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.	65	65	55
<b>d</b>	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c).	70	70	65
<b>c</b>	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos.	73	73	63
<b>b</b>	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
<b>f</b>	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen.	-	-	-

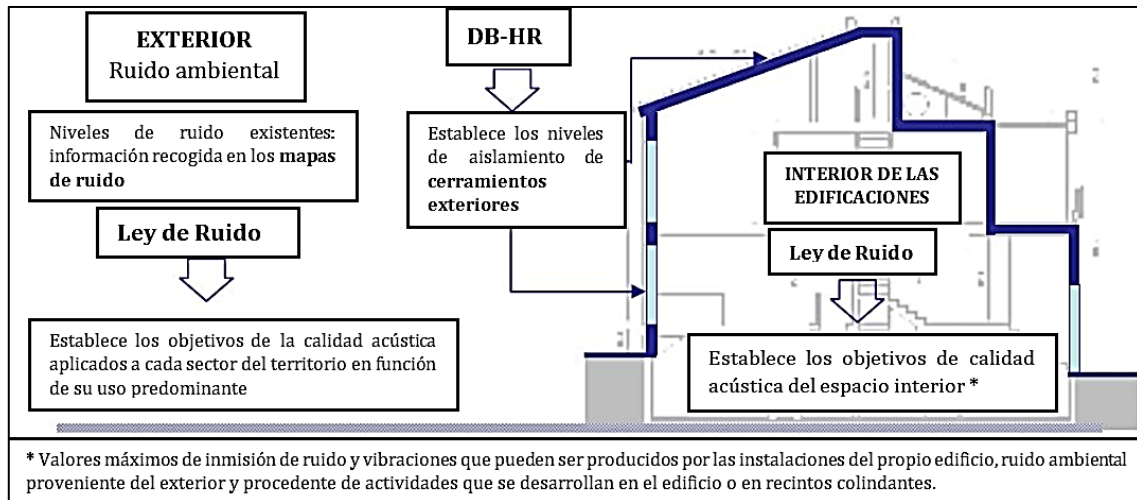
Tabla 2.2.- Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes <sup>[85]</sup>

Uso del edificio	Tipo de Recinto	Índices de ruido (dBA)		
		L <sub>d</sub>	L <sub>n</sub>	L <sub>n</sub>
<b>Vivienda o uso residencial</b>	Estancias	45	45	35
	Dormitorios	40	40	30
<b>Hospitalario</b>	<b>Zonas de estancia</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>35</b>
	<b>Dormitorios</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>30</b>
<b>Educativo o cultural</b>	Aulas	40	40	40
	Salsa de lectura	35	35	35

Tabla 2.3.- Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones <sup>[85]</sup>

### 2.5.2.3 Real Decreto 1371/2007: DB-HR Protección frente al ruido <sup>[86]</sup>

Se aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación que más afectarán al sector de la construcción. Comporta dos ejes principales: visión global acústica del edificio y la imposición como método de comprobación las medidas in situ. El CTE considera el edificio acabado como un producto. Por lo tanto, se exigen las prestaciones acústicas al edificio en su conjunto y no a cada uno de sus elementos constructivos, como lo hacía hasta ahora la NBE CA-88.



**Figura 2.21.- Relación entre la Ley del Ruido y el DB HR Protección frente al ruido**

Se tiene que tener en cuenta la problemática acústica desde el principio de la realización del proyecto, porque nos condicionará muchas de las posibles soluciones y la colocación de los materiales correspondientes. El DB-HR nos obliga a proyectar y construir los edificios considerando:

- Aislamiento acústico al ruido aéreo.
- Aislamiento acústico al ruido de impacto.
- Control del ruido y de las vibraciones de las instalaciones.

Una novedad importante es el hecho plantear el aislamiento acústico de la fachada teniendo en cuenta el nivel de ruido exterior. Se tendrá que saber con claridad en qué lugar se situará el edificio y qué nivel de ruido tiene asignado según los mapas de ruido. Según la normativa actual todas las fachadas son iguales y cuesta explicar a un usuario de una vivienda próxima a una carretera importante o un aeropuerto, que el edificio no está mal construido sino que él vive en un entorno muy contaminado.

### Valores límite de aislamiento

#### Nomenclatura:

- **A:** Ponderación A.
- **D:** Diferencia de niveles (o aislamiento acústico).
- **$D_{2m,nT,Atr}$ :** Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, en fachadas y en cubiertas, para ruido exterior dominante de automóviles o de aeronaves, dBA.
- **$D_{nT,A}$ :** Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, entre recintos interiores, dBA.
- **$R_A$ :** Índice global de reducción acústica de un elemento, ponderado A, dBA.
- **$nT$ :** estandarizado (se referencia a  $T_R$ ).
- **tr:** Ruido exterior dominante de automóviles.

■ **Recintos protegidos:**

- *Edificios residenciales:* habitaciones y estancias.
- *Edificios docentes:* aulas, bibliotecas y despachos.
- *Edificios sanitarios:* quirófanos, habitaciones y salas de espera.
- *Edificios administrativos:* oficinas, despachos y salas de reunión

■ **Recintos habitables :**

- *Los recintos protegidos*
- *Otros edificios:* cocinas, baños, aseos, pasillos, distribuidores y cualquier otro uso asimilable a los anteriores

Protección frente al ruido entre	Aislamiento
<b>Recinto protegido-misma unidad de uso</b>	Tabiquería $R_A \geq 33 \text{ dBA}$
<b>Recinto protegido y Ud. de uso diferente</b>	$D_{nT,A} \geq 50 \text{ dBA}$
<b>Recinto protegido y zona común</b>	
<b>Sin compartir puertas/ventanas</b>	$D_{nT,A} \geq 50 \text{ dBA}$
<b>Compartiendo puertas/ventanas</b>	$R_{A(\text{puerta/ventana})} \geq 30 \text{ dBA}$ $R_{A(\text{muro})} \geq 50 \text{ dBA}$
<b>Recinto protegido y recinto de instalaciones o actividad</b>	$D_{nT,A} \geq 55 \text{ dBA}$

*Tabla 2.4.- Niveles máximos admisibles en interiores, fachadas y cubiertas en recintos protegidos<sup>[86]</sup>*

Protección frente al ruido entre	Aislamiento
<b>Recinto habitable-misma unidad de uso</b>	Tabiquería $R_A \geq 33 \text{ dBA}$
<b>Recinto habitable y otro recinto, distinta unidad de uso</b>	$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA}$
<b>Recinto habitable y zona común</b>	
<b>Sin compartir puertas/ventanas (no hospitalario)</b>	$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA}$
<b>Compartiendo puertas/ventanas (hospitalario)</b>	$R_{A(\text{puerta/ventana})} \geq 20 \text{ dBA}$ $R_{A(\text{muro})} \geq 50 \text{ dBA}$
<b>Recinto habitable y recinto de instalaciones o actividad</b>	$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dBA}$

*Tabla 2.5.- Niveles máximos admisibles en interiores, fachadas y cubiertas en recintos habitables<sup>[86]</sup>*

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d \leq 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

**Tabla 2.6.- Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$**

### 2.5.2.4 Legislación Autonómica <sup>[87]</sup>

Actualmente en Canarias no existe ninguna disposición legal en temas de protección frente al ruido. Pero sí es importante **destacar** la *Ordenanza Insular de Protección al Medio Ambiente Contra la Emisión de Ruidos y Vibraciones*, del 2000 del Cabildo de Lanzarote, ya que fue la primera que existió a nivel de Canarias en el tema de protección a ruidos, preocupándose por el bienestar de sus habitantes y anticipándose a la ya nombrada Ley 37/2003 del Ruido.

### 2.5.2.5 Legislación Local: Ordenanza Municipal de protección del medio ambiente frente a ruidos y vibraciones <sup>[88]</sup>

Estarán sometidos a las prescripciones de esta Ordenanza, de obligatoria observancia dentro del término municipal de Las Palmas de Gran Canaria, todas las actividades o instalaciones industriales, comerciales y de servicios, construcciones y obras, así como los actos sociales, vehículos, aparatos y toda cualquier otra fuente de emisión, que en su ejercicio produzca ruidos o vibraciones susceptibles de ocasionar molestias al vecindario.

Igualmente quedan sometidos a las prescripciones establecidas en esta Ordenanza todos los elementos constructivos constituyentes de la edificación, en tanto en cuanto facilitan o dificultan la transmisión de ruidos y vibraciones producidos en su entorno.

La Ordenanza indica que deben existir unos niveles máximos admisibles tanto en el interior como en el exterior. Los límites se establecen en función del uso que tiene cada zona en el Plan General de Ordenación Urbana, que se muestran continuación.

Niveles Máximos Admisibles en el Interior dBA		
Zonas	Día	Noche
<b>Residencial</b>		
<i>Estancia</i>	40	<b>30</b>
<i>Dormitorio</i>	40	<b>25</b>
<i>Servicios</i>	45	<b>35</b>
<i>Zonas comunes</i>	50	<b>40</b>
<b>Administrativas y oficinas</b>		
<i>Despachos</i>	40	<b>30</b>
<i>Oficinas</i>	45	<b>30</b>
<i>Zonas comunes</i>	50	<b>30</b>
<b>Sanitaria</b>		
<i>Zonas de estancia</i>	<b>45</b>	<b>30</b>
<i>Dormitorios</i>	<b>30</b>	<b>25</b>
<i>Zonas comunes</i>	<b>50</b>	<b>40</b>

Tabla 2.7.- Niveles máximos admisibles en el interior<sup>[88]</sup>

Niveles Máximos Admisibles en el Exterior dBA		
Zonas	Día	Noche
<b>Sanitaria</b>	<b>45</b>	<b>35</b>
<b>Industrial y de almacén</b>	70	<b>55</b>
<b>Comercial</b>	65	<b>55</b>
<b>Docencia</b>	50	<b>45</b>
<b>Vivienda</b>	<b>50</b>	<b>45</b>

Tabla 2.8.- Niveles máximos admisibles en el exterior<sup>[88]</sup>

## **Capítulo 3**

### **Caso de Estudio**

---

En el presente capítulo, se menciona el porqué de la elección, para su estudio, además se describirá, el escenario de medida y la zona del estudio. También se explica el proceso seguido.





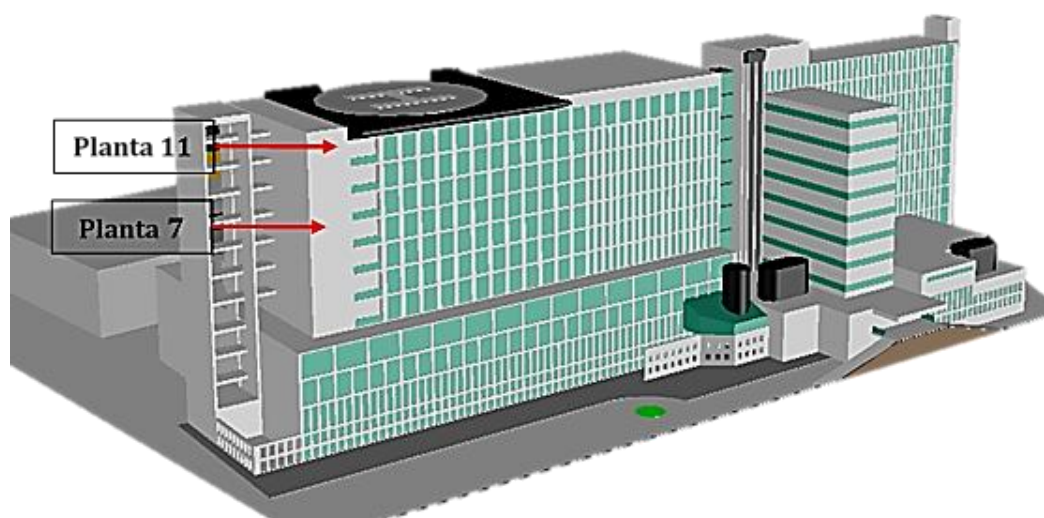
### 3.1 Antecedentes

Debido a que se ha detectado que existen ciertas molestias acústicas en la última planta, más concretamente en la onceava planta, de hospitalización en la zona sur que da a la Avenida Marítima del Hospital Universitario Insular de Gran Canaria, esas molestias fueron vividas por el tutor del Trabajo Fin de Grado el profesor Don Juan Manuel Caballero Suárez, cuando un familiar suyo estuvo hospitalizado, en el mencionado centro hospitalario, debido a una afección en el corazón.

Su primera estancia de descanso fue la planta séptima, en la cual tuvo que pernoctar varias noches y pudo tener un descanso adecuado, dada su dolencia sin percibir ninguna perturbación acústica, proveniente del exterior del hospital, a raíz del cambio de habitación, a la cual fue sometido el doliente, es decir lo trasladaron de la séptima a la onceava planta, surgió una incomodidad acústica para el paciente y las personas que lo acompañaban, ya que el nivel de ruido nocturno aumentó exageradamente, en el interior de la habitación, el mismo que provenía de las olas del mar, el tráfico de vehículos, etcétera, todo esto con la ventana cerrada, lo que hacía que no pudiera tener un descanso confortable y no comprendía muy bien porqué.

Lo que se planteó fue, ver que es lo que había de diferencia entre una planta y otra, un día le dio por echar un vistazo, por la ventana, de la onceava planta y para su sorpresa se percató de que la habitación estaba ubicada justo debajo del voladizo, de la fachada del edificio, que pertenece a la plataforma del helipuerto, por lo que le surgieron dos hipótesis empíricas, la primera, que las ondas acústicas chocan en el voladizo e ingresan a la habitación produciendo lo que se conoce como, reflexión acústica, a diferencia de que en la séptima planta, no existe dicho voladizo, la segunda, fue que en la habitación de la onceava planta, tenía un balcón el cual puede que también tenga influencia directa, ya que no existe una protección, frente al ruido y puede reflejar hacia el interior, parte de la energía sonora, que a diferencia de la habitación, de la planta séptima no existe balcón alguno y además la ventana está cubierta por una persiana exterior.

Debido a ello, se pretende caracterizar acústicamente el voladizo de la plataforma del helipuerto, ubicado en la azotea, para conocer su influencia real en la incomodidad acústica percibida en las habitaciones, que se encuentran situadas bajo el mismo.



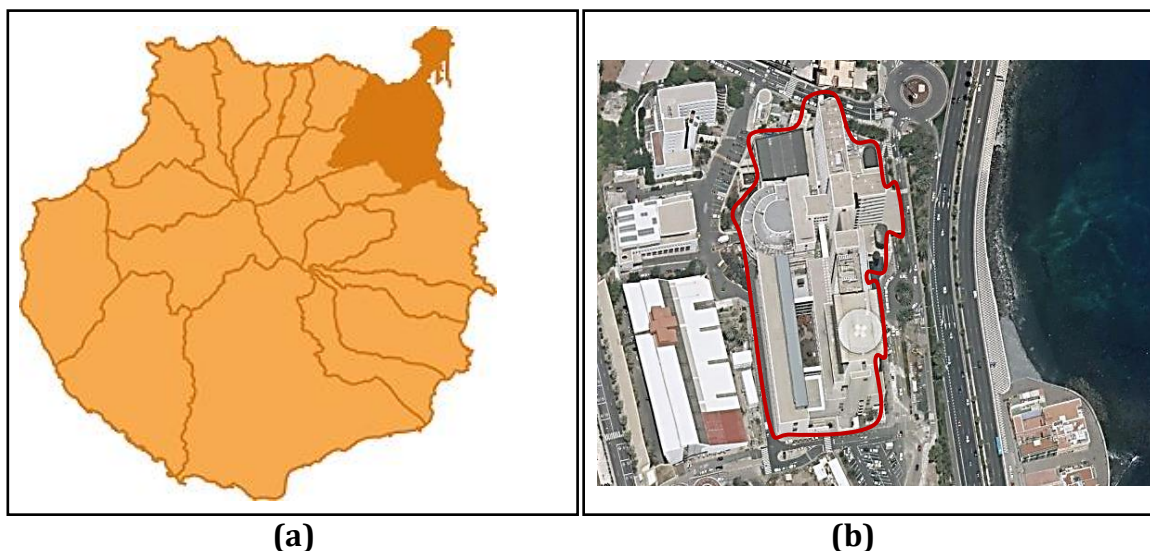
*Figura 3.1.- Fachada del Hospital Insular*

### 3.2 Escenario de medida

El ámbito, donde se procederán a realizar las medidas acústicas, es el Hospital Universitario Insular de Gran Canaria, que es un centro hospitalario de alcance general que, junto con el Hospital Universitario Materno-Infantil de Canarias, forma parte del Complejo Hospitalario Materno-Insular. El complejo es, junto con el Hospital Universitario de Gran Canaria Doctor Negrín, uno de los dos hospitales generales de la isla de Gran Canaria (Canarias, España). Se encuentra ubicado en la ciudad de Las Palmas de Gran Canaria, capital de la isla de Gran Canaria (islas Canarias, España), sus coordenadas son 28°04'52"N 15°25'02"O. El complejo, se levanta en una parcela cercana a la entrada sur de la ciudad, en el margen de la Avenida Marítima y con vistas al mar, lo cual facilita un acceso rápido, desde la red principal de circulación de la urbe y permite conseguir las condiciones necesarias, para la asistencia médica.

El hospital, cuenta con 718 camas y una superficie construida de 89.162 m<sup>2</sup>, y está gestionado por el Gobierno de Canarias, a través del Servicio Canario de Salud. Es el hospital de referencia, para toda la provincia de Las Palmas de Gran Canaria, en la especialidad de Trasplante Renal y también es el hospital de referencia para toda Canarias, en la especialidad de lesiones medulares.

El edificio, posee una altura de 38,73 metros y el voladizo de la plataforma del helipuerto, ocupa una longitud en fachada de 44,12 metros, estos datos los hemos obtenido gracias a la información cedida por la administración del hospital.



**Figura 3.2.- (a) Municipio de las Palmas de Gran Canaria y (b) Delimitación del Hospital Universitario Insular**

### 3.3 Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio, que se pretende analizar acústicamente, sería en la última planta del hospital, exactamente en la onceava planta, zona sur, justo debajo de la azotea, tomando como referencia la Avenida Marítima, por lo que hemos delimitado la zona de estudio, en tres áreas concretas, donde se realizará las mediciones acústicas.

#### ■ Área 1: de Hospitalización

Ubicada en la última planta, bajo el voladizo de la plataforma del helipuerto.

Lo ideal sería, en una habitación de hospitalización desocupada, que se encuentre situada en el centro del voladizo de la plataforma, se procederá a realizar medidas con un sonómetro analizador, una primera medida dentro de la habitación, es decir con la ventana cerrada y una segunda medida, con la venta abierta.

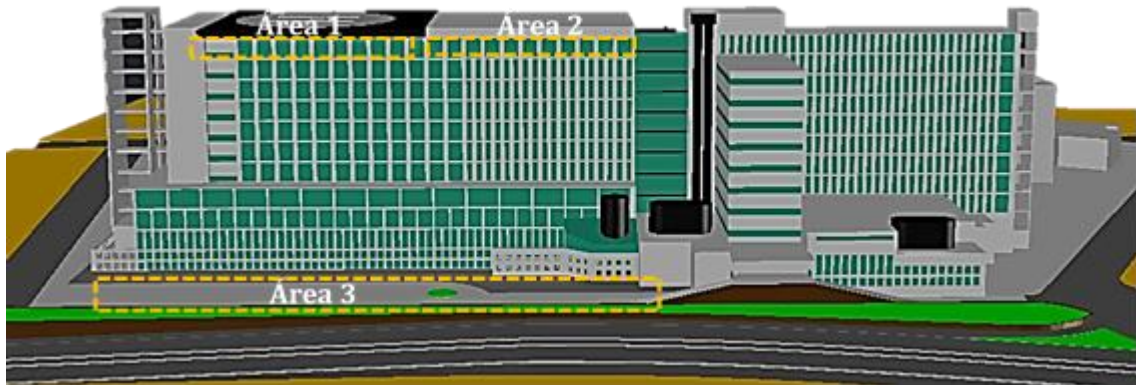
#### ■ Área 2: de Despachos

Ubicada en la última planta, pero alejada de la plataforma del helipuerto.

Lo ideal sería, en un despacho desocupado, que se encuentre situado en el centro, pero alejado del voladizo de la plataforma, de la misma forma que la anterior, dos medidas con sonómetro analizador, una primera medida, dentro de la habitación, es decir con la ventana cerrada y una segunda medida con la venta abierta.

### ■ Área 3: la Avenida Marítima

Se situará cerca de la avenida Marítima, posicionándonos en la mitad de los dos puntos de medida anteriormente citados, con lo que se medirá el ruido del tráfico, esta será nuestra fuente sonora principal, que nos servirá de patrón para poder contrastar, con los otros dos puntos de medida.



*Figura 3.3.- Áreas de las zona de estudio*

## 3.4 Proceso de medida

Comencemos con el concepto de zona de ruido, que es aquel sitio que se encuentra ubicado y caracterizado por fuentes de ruido, en las que se aplican normas legales contra el ruido.

Dentro de las mismas zonas, es importante distinguir el ambiente exterior e interior. El ambiente interior, tiene dos clasificaciones: las áreas de trabajo y las áreas descanso (p. ej. en nuestro caso las áreas de hospitalización y despachos del hospital). El ambiente exterior, todo aquello que se encuentra fuera del centro receptor o edificio (p. ej. en nuestro caso una autopista situada en el exterior del hospital).

El proceso para llevar a cabo las medidas acústicas, las hemos dividido, en las siguientes etapas de caracterización acústica:

**Etapas de emisión sonora:** En este trabajo, se va a utilizar como fuente emisora, el ruido procedente del **tráfico rodado**, presente en la avenida Marítima, debido a que los factores que afectan en mayor medida son: el ruido producido por los vehículos individuales, el volumen de tráfico, la clase de vehículos que circulan por la vía y en qué proporción, la velocidad a la que circulan los vehículos y la características de la vía atendiendo tanto a su estado de conservación como a su distribución. En el caso de la avenida, el tráfico rodado, lo clasificamos como ruido continuo o como la suma de muchos ruidos, de sucesos aislados repetitivos.

**Etapas de propagación de ruido:** en etapa, se hace referencia a la cantidad de ruido que percibimos, de la fuente de emisión (avenida) y depende en gran medida, de lo cerca o lejos que nos encontremos, así como, si nos encontramos delante o detrás de algún tipo de barrera, que pueda reducir el nivel de presión sonora, que debería llegarnos, si esta no estuviera. En nuestro caso, el edificio hospitalario, se encuentra ubicado a 35 m aproximadamente de la avenida Marítima sin ninguna barrera de protección acústica.

Hay que tener en cuenta que la avenida, al tratarse de una infraestructura de transporte, considerada desde el punto de vista acústico, puede asimilarse a una fuente lineal, que son fuentes, generalmente en movimiento, que siguen una trayectoria lineal y su propagación se efectúa en las direcciones radiales, por lo que el nivel de presión sonora, es el mismo en todos los puntos, de la misma distancia de la misma línea y disminuye en 3 dB al doblar la distancia. El sonido procedente de una fuente lineal, tiene mayor área de alcance, que la emanada por una fuente puntual.

**Etapas de inmisión sonora:** Se corresponde con el nivel acústico medido, durante un período de tiempo determinado, en un lugar concreto, es decir, el nivel de ruido, que se recibe en el edificio hospitalario, cuyos equipos de medida, estarán situados en las distintas áreas, anteriormente señaladas. Como nuestro oído es menos sensible a frecuencias muy bajas y muy altas. Y teniendo esto en cuenta, cuando medimos niveles de presión sonora, se puede aplicar unos filtros de ponderación. La ponderación de frecuencia más común en la actualidad, es la “ponderación A”, que se ajusta aproximadamente, a la respuesta del oído humano y que proporciona unos resultados expresados, como dBA. Los niveles captados por los equipos de medida, se configurarán para que los datos recogidos sean con dicha ponderación.



## **Capítulo 4**

### **Instrumentos & Herramientas**

---

En el presente capítulo, se indicarán y comentarán los instrumentos y herramientas necesarias, empleadas en las mediciones acústicas. Así también se pormenorizará las características del software empleado para la simulación.





### 4.1. Introducción

A la hora de enumerar los diferentes instrumentos y herramientas empleadas a lo largo de todo el proyecto, los podemos dividir en diferentes apartados, según qué actividad se ha querido realizar o qué objetivos se han querido alcanzar con ellos.

De este modo se han utilizado instrumentos y herramientas para:

- La obtención de datos reales y caracterización acústica de la fachada del Hospital Insular.
- La grabación de ficheros de audio, de las diferentes zonas de medida para posterior análisis y caracterización acústica de la fachada.

### 4.2 Instrumentos sonométricos

Para la medición de niveles de presión sonora (SPL) en las diferentes zonas del centro hospitalario.

#### ■ Instrumentos de medida

- 3 sonómetros RION NL-18.



*Figura 4.1.- Sonómetro RION NL-18*

#### ■ Herramientas

- Calibrador Acústico BRÜEL & KJÆR 4231.



*Figura 4.2.- Calibrador BRÜEL & KJÆR 4231*

- Pantalla antiviento y antilluvia para micrófono.



*Figura 4.3.- Pantalla antiviento y antilluvia*

- 3 Trípodes.



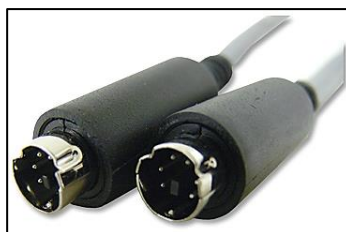
*Figura 4.4.- Trípode*

- 3 Maletines de transporte.



*Figura 4.5.- Maletín de transporte*

- Ordenador.
- Cable PS/2 para conexión sonómetro – ordenador.



*Figura 4.6.- Cable PS/2*

- Programa de gestión de datos RION S NL.

Todos los sonómetros empleados en las medidas cumplen con las normas UNE-EN 60651 y UNE-EN 60804. El calibrador utilizado cumple con las especificaciones del IEC60942:2003.

#### 4.3 Instrumentos de grabación de audio

Para la grabación de ficheros de audio formato WAV en las diferentes zonas del centro hospitalario.

##### ■ Instrumentos de medida

- Grabador ZOOM H6.



*Figura 4.7.- Grabador ZOOM H6*

- Grabador ZOOM H1



*Figura 4.8.- Grabador ZOOM H1*

- Grabador ROLAND R-26



*Figura 4.9.- Grabador ROLAND R-26*

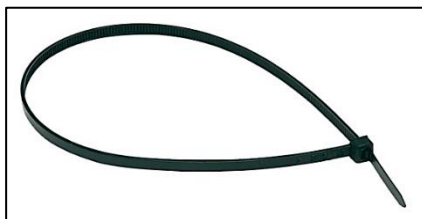
#### ■ Herramientas

- Cable Jack para conexión micrófono – grabador de audio.



*Figura 4.10.- Cable Jack- mini Jack*

- Pilas doble A.
- 3 Tarjetas SD
- Bridas.



*Figura 4.11.- Brida*

#### **4.4 Herramienta para la preparación de los planos AutoCAD**

Se ha trabajado con los planos, obtenidos desde la web de Cartografía de Canarias S. A. (GRAFCAN) mediante la herramienta AutoCAD, pero luego de un profundo análisis, se optó por levantar desde cero el edificio, con las medidas cedidas por el centro hospitalario, para no tener muchas dificultades al momento de importarlo, al software de simulación, CadnaA.

A continuación, se describe el software empleado.

Autodesk AutoCAD <sup>[89]</sup> es un programa de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. El término AutoCAD, surge como creación de la compañía Autodesk, teniendo su primera aparición en 1982. AutoCAD es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D.

AutoCAD, es uno de los programas más usados, elegido por arquitectos, Ingenieros y diseñadores industriales. Desglosando su nombre, se encuentra que **Auto** hace referencia a la empresa creadora del software, Autodesk y **CAD** a Diseño Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés). Existen múltiples versiones, desde la 1.0 hasta la versión 2018. Dentro de todas ellas, se ha empleado la versión 2015 con licencia gratuita para estudiantes.

AutoCAD, gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran éstas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes a la que el programa está fundamentalmente orientado.

Además, procesa imágenes de tipo vectorial, aunque admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Parte del programa AutoCAD, está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas.

#### 4.5 Herramienta para el cálculo de la simulación CadnaA

El software empleado, para realizar el cálculo de los niveles de la fachada del hospital, es el software de predicción de ruidos, CadnaA y que se explica a continuación.

**CadnaA** <sup>[90]</sup> (Computer Aided Noise Abatement) es el software para el cálculo y presentación, gestión y predicción de la exposición al ruido e impacto de contaminantes atmosféricos. Independientemente que su objetivo sea estudiar la inmisión de ruido de una planta industrial, de un centro comercial incluyendo un parking, de una nueva autopista o línea ferroviaria, o incluso ciudades enteras y zonas urbanizadas, CadnaA está diseñado para llevar a cabo todas estas tareas.

De las tres versiones existentes, la empleada en este proyecto es la versión Basic, la cual incluye todos los tipos de emisores con una única norma de cálculo para cada tipo de emisor y con el interface de usuario limitado a uno de los idiomas disponibles.

Dentro de las características que posee podemos destacar las siguientes:

- Mallas de niveles en fachadas de edificios para mostrarlos en paleta de colores de acuerdo a los niveles de presión sonora.
- Cálculo y almacenamiento de niveles parciales de todos los emisores sonoros para cualquier número fijo de puntos receptores por tanto es posible realizar un análisis detallado sin necesidad de recalcular.
- Diseño de todas las posibilidades geométricas con sólo tres tipos de objeto (punto, línea, polígono).
- Cálculo del ruido y análisis de situaciones complejas empleando la potente presentación gráfica de los rayos.
- Tiene en cuenta automáticamente todas las influencias físicas relevantes como la reflexión y la difracción sobre las barreras.
- Facilidad de manejo de CadnaA y disponibilidad de ayuda de sus símbolos y comandos auto explicativos.
- CadnaA ofrece una cantidad tremenda de formatos e interfaces de importación para minimizar su carga de trabajo.
- Importación y exportación de todos los formatos geográficos disponibles (P. ej.: exportación del proyecto a GoogleEarth).
- Presentación de los niveles de ruido calculados en receptores puntuales, mallas coloreadas cubriendo la superficie o como mallas verticales mostrando la distribución sonora en las fachadas.
- Permite caminar o volar a través del modelo virtual y comprobar el impacto visual de las soluciones propuestas, editando los datos en tiempo real mediante la herramienta 3D.

#### 4.6 Herramienta para el análisis de audio Cubase 5

Cubase 5<sup>[91]</sup>, llega con herramientas totalmente integradas para trabajar con *loops*, *beats* y voces, como por ejemplo *LoopMash* y *VariAudio*, que se combinan con nuevas funciones para composición y el primer procesador VST3 de *reverb*, de tipo *convolution*. Con sorprendentes innovaciones y mejoras adicionales que potencian la productividad y performance, Cubase 5 representa la vanguardia de las estaciones de audio digital. VST *Expression* es una nueva manera más que intuitiva de trabajar con múltiples articulaciones de instrumentos, por ejemplo, de grandes bibliotecas de orquesta. Presenta un concepto de edición que no sólo es adaptable por el usuario, sino que se encuentra totalmente integrado con los editores de notas y partituras. El almacenamiento de respaldo de proyectos es aún más fácil con Cubase 5. Las funciones de respaldo de archivos, incorporan nuevas opciones, como mantener el proyecto actual activo; una mejorada función “*Save Project to New Folder*”, y almacenamiento para archivos de video.

Aquí se presenta, una lista de prestaciones, ofrecidas por Cubase 5:

- Pistas MIDI: Ilimitado
- Slots Insert del canal de audio: 8
- Canales de grupo: 256
- Canales Send FX: 8
- Canales Return FX: 64
- Pistas de instrumento: Ilimitado
- Slots Insert del plug-in de MIDI: 4
- PitchCorrect (plug-in VST3): Si
- Groove Agent ONE (instrumento VST para el muestreo de batería): Si
- Beat Designer (secuenciador de pasos de batería especializado): Si
- Plug-ins de efectos MIDI: 18
- Impresión y diseño de partitura profesional: Si
- VST Expression (fácil gestión de la articulación de instrumentos): Si





## **Capítulo 5**

### **Metodología**

---

En el presente capítulo, se describirán los procesos que se han puesto en marcha para poder cumplir con el fin del trabajo, comenzando con la redacción y entrega de la autorización, para realizar las medidas acústicas, así como la elección de los puntos y franja horaria de medida. Además, se comentará cómo se han configurado los equipos de medida y su posterior volcado de datos. Finalmente la realización de la simulación.



## 5.1 Autorizaciones

Antes de proceder a la realización de las mediciones acústicas, se procedió a redactar la correspondiente solicitud, para que se concediera la correspondiente autorización, por ello nos dirigimos al Sr. Carlos Mora Lourido que es el Coordinador del Área de Gestión de la Calidad, Atención al Usuario y Formación Continuada y Docencia del Complejo Hospitalario Universitario, el cual muy amablemente nos ofreció buscar un día, para la realización de las medidas. Esto representó un serio inconveniente y por ello la dilatación del Trabajo Fin de Grado, debido al ser un centro de salud, la ocupación era alta y necesitábamos que las habitaciones estuviesen libres, el día de la realización de las medidas y aparte tuvimos un inconveniente que no contábamos, la primera vez que obtuvimos el permiso, para la realización de las medidas, hubieron equipos que fallaron al momento de la recogida de datos, de los cuales pudimos salvar alguna información, pero era insuficiente para cumplir con el objetivo del proyecto, por lo que tuvimos que pedir disculpas y volver a solicitar el permiso, para realizar nuevamente las medidas, este proceso supuso dilatar aún más el trabajo, por ello se realizaron **dos campañas** de medidas. Mencionar que los datos acústicos del área de hospitalización (bajo el voladizo del helipuerto), en la *campaña 1*, se recogieron en la habitación de hospitalización, con un paciente, en el interior de la misma. En la *campaña 2*, no se me pudo asignar una habitación, por lo que se me asignó, la sala de espera de familiares, sin nadie en su interior. En cuanto a la captación, de los datos acústicos del área de despachos (sin el voladizo), en la *campaña 2*, no se me asignó el mismo despacho, de la *campaña 1*, sino el que estaba disponible, en ese momento.

## 5.2 Elección de los puntos de medida

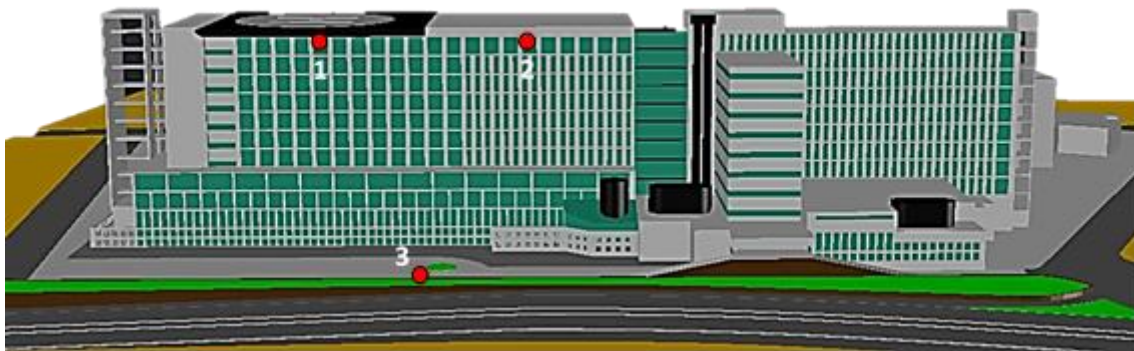
A la hora de realizar la elección de los distintos puntos de medida, se puede adoptar varios criterios. El número total de puntos de medida, en donde se situará el sonómetro, depende de la finalidad de las medidas y del objetivo deseemos cumplir.

En este caso, la elección de los puntos de medida, para la evaluación de los niveles de inmisión de ruido, en el Hospital Universitario Insular de las Palmas de Gran Canaria, atiende a las siguientes apreciaciones:

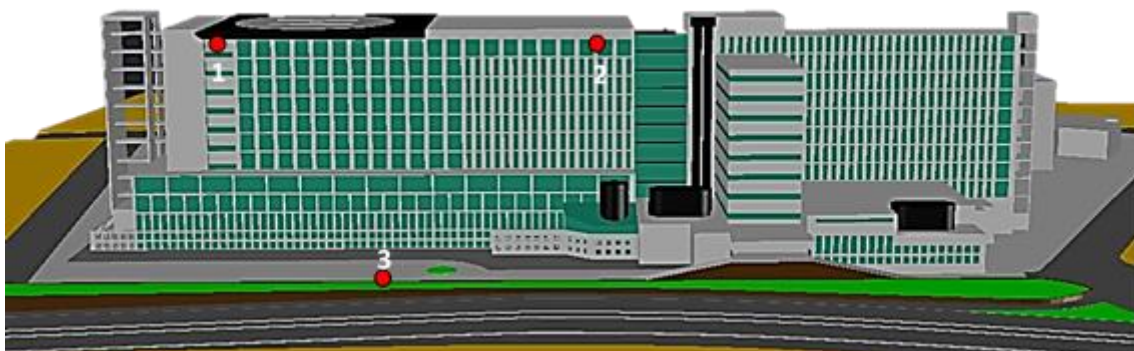
- Que permitan **obtener los niveles de inmisión**, de diferentes áreas de la zona de estudio y que esos niveles sean posteriormente caracterizados. Para ello, las posiciones de medida, se elegirán en función de la fuente, en este caso el tráfico rodado.
- Que la franja horaria elegida, sea la de mayor densidad del tráfico rodado, para que nos puede servir de referencia.

Teniendo en cuenta, lo expuesto con anterioridad y como lo que se pretende es averiguar el efecto, que produce el voladizo del helipuerto, se han elegido **tres**

**puntos de medidas.** Para la caracterización del nivel de presión sonora, que llega a la fachada, procedente de la avenida, dos puntos de medida, situados en la última planta, zona sur del hospital, **el primero**, justo debajo del voladizo del helipuerto, es decir en la área de hospitalización más concretamente, para la *campaña 1*, en la habitación de hospitalización número 1176, para la *campaña 2*, en la sala de espera, ubicado al final del pasillo, **el segundo**, en la misma planta, pero alejados del voladizo, del helipuerto, es decir en el área de despachos, más concretamente, para la *campaña 1*, en el despacho de Servicio de Urología, separados 48 metros, respecto del primer punto, para la *campaña 2*, en el despacho de Servicio de Cirugía Vascular, separado del primer punto unos 76 metros, mientras que, **el tercero**, tanto para la *campaña 1* y 2, se empleará en la caracterización acústica, de los niveles del tráfico rodado, situado a 1,5 metros de la Avenida Marítima y a unos 35 metros, aproximadamente, del hospital. A continuación, se indican en las figuras, los puntos de medida de las *dos campañas*.



*Figura 5.1.- Puntos de medida campaña 1*



*Figura 5.2.- Puntos de medida campaña 2*

### 5.3 Configuración de los equipos de medida

Para ejecutar las medidas de campo, se deberá realizar una correcta configuración de los sonómetros y grabadores de audio.

En los sonómetros se selecciona la ponderación en frecuencia A, ya que vamos a evaluar las molestias acústicas, seguidamente se selecciona la ponderación

temporal, en este caso la opción FAST. Se selecciona el rango dinámico, que estará comprendido entre 40 y 100 dB. La velocidad de transmisión de datos 9600 Baudios,

Este sonómetro, dispone de tres modos de almacenamiento, el Auto 1, el Auto 2 y el manual. En este trabajo utilizaremos el Auto 1, que tiene la opción de almacenar continuamente un total de 100 000 conjuntos de datos procesados, en intervalos de 1 segundos, el parámetro a evaluar fue **niveles de presión sonora  $L_p$** .

Mientras que en la configuración de los grabadores de audio se procedió a utilizar una frecuencia de muestreo de 44,1 kHz y una resolución de 16 bits.

## 5.4 Procedimiento de medidas y volcado de datos

### Sonómetros

Los sonómetros, estarán ubicados en tres puntos de medida, dos de ellos en la fachada del Hospital Insular y uno en la avenida Marítima, como se realizaron dos campañas de medida, en la **campaña 1**, el periodo de medición fue de 2 horas (en la franja horaria de 13:42 a 16:42 del día jueves 29 de octubre 2015) y en la **campaña 2**, de 1 hora (en la franja horaria de 9:43 a 10:46 del día miércoles 22 de junio 2016), la mitad del tiempo, en la parte exterior, de las habitaciones (fachada) y la otra mitad, en el interior, de las mismas y tercer sonómetro (en la avenida) recogió los niveles acústicos, el tiempo total, de cada campaña.

Una vez localizados los puntos de medida y permitido el acceso al recinto hospitalario, por parte del administrador, se comienzan a instalar los equipos de medida, el sonómetro en trípode y con la protección a condiciones meteorológicas, se realizan las mediciones, en el exterior e interior.


Para comenzar el proceso de medida se deberá configurar el sonómetro correctamente y a continuación pulsar el botón STORE seguido de, inicio de captura de niveles, botón START, antes que nada se procede a la calibración de los sonómetros y registro del tono de calibración (94 dB a 1 kHz).

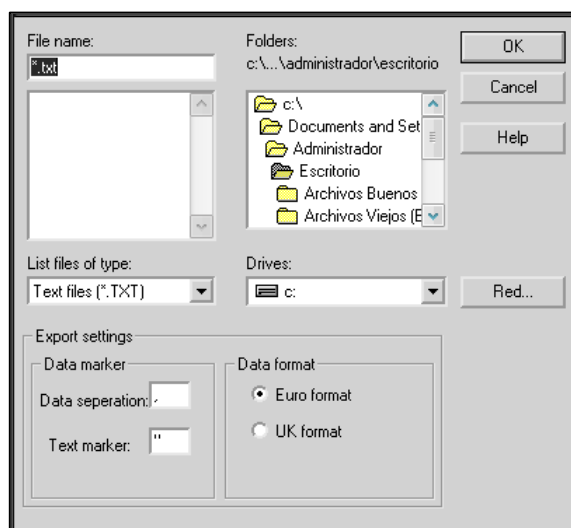
Una vez finalizado el registro de niveles acústicos, procederemos al volcado de datos, se detendrá la medición con el botón STOP y se apagará el sonómetro. Acto seguido se conectará con el PC mediante el cable PS/2 y se ejecutará el programa RION S NL facilitado por el fabricante del sonómetro.

A continuación, se elige el puerto en el que se ha conectado el sonómetro, así como la velocidad de transmisión de datos al PC (en mi caso 9 600 Baudios) mediante la opción, COMUNICATION que se encuentra al desplegar la pestaña INSTRUMENT. Además, también en el menú desplegable, INSTRUMENT, eligiendo la opción SELECT, se podrá seleccionar el modelo de sonómetro, en este caso debe ser NL-18.



**Figura 5.3.- Opciones de volcado de datos**

Por último, para guardar los datos se realizan dos operaciones. La primera de ellas se realiza pulsando la opción DATA -> READ o el icono  y se genera un archivo con extensión .NL propio del software de RION que se deberá guardar posteriormente en el directorio deseado del PC través del menú FILE-> SAVE AS. La segunda operación consiste en seleccionar DATA-> EXPORT, a continuación se elige el formato de datos UK FORMAT en el cuadro de diálogo y se le asigna un nombre y directorio dónde queremos almacenarlo.



**Figura 5.4.- Ventana para configuración de archivo .txt**

De esta operación se obtendrá un archivo con extensión .TXT, el cual se abrirá desde el espacio de trabajo de Microsoft Excel modificando las siguientes opciones en los cuadros de dialogo que vayan apareciendo:

- Paso 1 de 3-> Tipos de datos originales: DELIMITADOS
- Paso 2 de 3-> Separadores: Solo elegimos la opción COMA
- Paso 3 de 3-> formato de datos en columnas: GENERAL

Una vez realizados estos cambios se deberán remplazar los puntos por comas en el archivo Excel resultante con el fin de poder realizar operaciones con los datos.

## Grabadores

Para ello primeramente, se realizará la conexión del grabador con el sonómetro, mediante la *salida AC*, si nos llegara a ser falta utilizaremos una brida para sujetar el grabador y evitar que se caiga. El grabador, dispone de dos entradas JACK. En nuestro caso la grabación será mono por lo que podemos conectar a cualquiera de las dos entradas, pero se ha elegido la entrada L.



**Figura 5.5.- Conexión sonómetro - grabador**

Posteriormente, se debe proceder al ajuste del nivel de grabación. El grabador tiene un control de sensibilidad de entrada que es la referencia de este. Esta sensibilidad debe ajustarse al nivel que se desee antes de empezar a realizar medidas y una vez ajustada no se debe mover a lo largo de todos los registros. Este nivel no se debe ajustar nunca a un nivel muy elevado ya que si se llega al punto de sobrecarga del medidor produce saturación y se genera un ruido digital muy incómodo.

Una vez configurado, el grabador, se procede a realizar el primer registro. Este primer registro, será un tono puro de 94 dB a la frecuencia de 1 kHz (tono que proporciona el calibrador acústico, del sonómetro) durante mas o menos un minuto. Para ello, se introduce el micrófono en el calibrador y una vez que ha empezado a emitir el tonto puro se comienza a grabar. Para iniciar el proceso de grabación hay que pulsar el botón de REC. Una vez transcurrido, el minuto de grabación del tono, se continúa grabando, solo se presiona el botón de STOP, cuando finalizamos la grabación. Esta grabación, nos servirá posteriormente para el análisis, en tercios de octava.

Durante la grabación, en la pantalla del grabador, se puede ver el número de pista que se está grabando, el tiempo y el formato de grabación.



**Figura 5.6.- Pantalla del grabador ZOOM H6**

Una vez realizadas estas acciones previas ya se puede comenzar con las mediciones en los puntos elegidos para el proyecto.

El registro de datos como ya se ha indicado anteriormente se realizó en 3 los tres puntos de medida del recinto hospitalario. A lo largo del periodo de grabación se fueron anotando las incidencias ocurridas que pudieran influir notablemente en el nivel del ruido (paso de vehículos pesados, ambulancias, claxon etc.).

Después de acabar un registro siempre es conveniente reproducir la pista para comprobar que se ha grabado correctamente. Los archivos que genera el grabador digital son formato WAV.

Una vez finalizado el registro de los ficheros de audio, procederemos al volcado de datos, el proceso es muy sencillo solo se extrae la tarjeta SD del grabador se la coloca en el PC y se almacena en la ubicación que se desee. El mismo proceso de grabación y volcado de datos se repite en el resto de grabadores.

Luego, se procedió al análisis, de los archivos de audio, seleccionando seis sucesos sonoros, de 1 segundo de duración, producidos, tanto en el foco emisor, la avenida, como en la estaciones de medida, sala y despacho, al interior y exterior de las mismas, con ayuda del programa de audio Cubase 5, el cual también nos permitía exportar, un archivo “.txt”, de cada suceso sonoro, el cual contenía el espectro en frecuencia, en tercios de octava, para su posterior estudio en el programa Excel.

## 5.5 Simulación CadnaA

Antes de la simulación acústica de la fachada del hospital se deben preparar los planos para su importación desde CadnaA.

En primer lugar, se dispone del modelo digital del terreno (MDT) de la empresa pública del Gobierno de Canarias responsable de la información geográfica y territorial de Canarias, Cartográfica de Canarias S.A. (GRAFCAN) a través de su página web, mediante un archivo con extensión “.dgn” y contiene información del terreno como pueden ser curvas de nivel, edificios, carreteras, etc., a escala 1:5000.



La fecha de actualización del archivo es del 2009. Para realizar todas las modificaciones sobre los planos se ha empleado el programa, AutoCAD.

En segundo lugar, se trabajó sobre los planos de una parte de Las Palmas de Gran Canaria concretamente de la zona del Hospital Insular. Hay que destacar que la información geográfica digital de todo el Archipiélago Canario, está dividida en “hojas” por lo tanto hay que identificar la hoja correspondiente a la zona de estudio para facilitar la adquisición de dichos archivos.

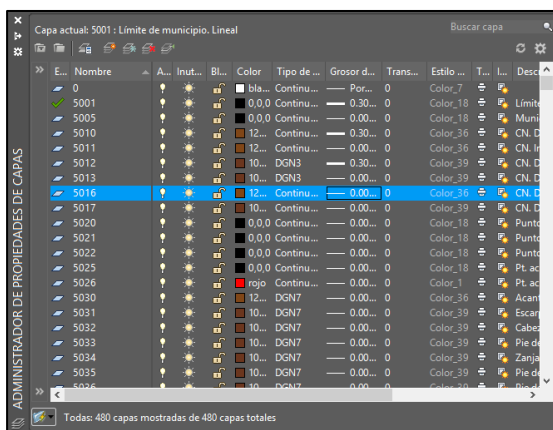
En nuestro caso la zona de estudio se encontraba en 2 hojas (135\_GC12A y 135\_GC12C) con extensión “.dgn”, el primer paso ha sido convertir el archivo con extensión “.dgn” a un formato con el que podamos trabajar, por ejemplo un archivo con extensión “.dxf” o “.dwg” propios de AutoCAD. Hoy en día AutoCAD permite importar archivos “.dgn” para luego poder guardarlos con la extensión propia del programa.



**Figura 5.7.- Modelo digital del terreno (MDT) escala 1:5000**

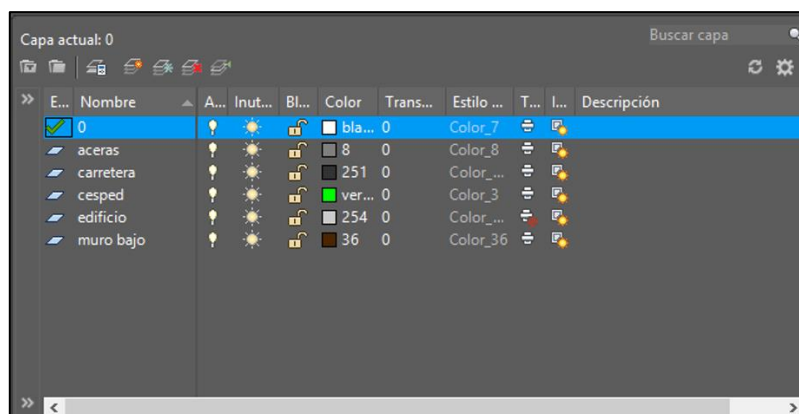
Una vez disponemos de los archivos con la extensión deseada, el siguiente paso fue en unir las hojas en un solo archivo. Para ello era suficiente con abrir los dos archivos con AutoCAD y tomando una referencia del plano se copian todos los objetos del primer archivo en el segundo.

Luego de unir los archivos procedimos a situarnos en la zona de estudio, cuando tuvimos localizada dicha zona dentro del plano, la siguiente acción a realizar fue la localización de la información digital que nos interesa; es decir, la identificación de las capas que forman el plano y del tipo de objetos que contiene cada una más concretamente limpiar el dibujo de capas que no interesen, para luego llevarlo al software de simulación. Pero luego de analizar la información del archivo (capas, terreno, curvas de nivel,...), se llegó a la conclusión, de no utilizar ese archivo ya que contenía demasiadas capas alrededor de 480 y que al momento de importarlas al software de simulación daría problemas, por lo que se optó en trazar el edificio desde cero.



**Figura 5.8.- Administrador de propiedades de capas**

Por lo que, primero que se crea la capas con la que trabajaremos, referentes a nuestro edificio hospitalario, es decir solo con 5 capas, donde se ubicaran los objetos que nos interesen.



**Figura 5.9.- Capas utilizadas**

- Capa **Edificio**: Como su propio nombre indica, es la capa que almacena la información relacionada con todos los edificios de la zona de estudio.
- Capa **Carretera**: En esta capa se guardan la información de carreteras.
- Capa **Césped**: En esta capa se almacena parte de la vegetación de la zona de estudio.
- Capa **Muro bajo**: Su contenido son las líneas referentes a muros.
- Capa **Aceras**: en esta capa se encuentran los objetos del entorno del hospital como las aceras.

Una vez definidas cada una de las capas necesarias el siguiente paso consiste en cumplir una serie de condiciones geométricas sobre cada objeto del dibujo para que la importación y detección por parte del software de predicción de ruido sea la correcta, tal y como indica el manual de CadnaA.

La principal condición que establece el software CadnaA, es que todos los objetos estén formados preferiblemente por polilíneas.

Las polilíneas, en el entorno de trabajo de AutoCAD, consisten en un único objeto, formado por una serie de segmentos de línea. Una de sus propiedades a tener en cuenta, además de la elevación que debe ser la correcta, consiste en especificar si está cerrada o no.

A continuación, se resume para cada tipo de objeto en CadnaA, como deben estar acabadas las polilíneas que lo forman en AutoCAD, según se especifica en el manual de CadnaA.

Objeto	CONDICION CadnaA
<b>Edificio</b>	Polilínea CERRADA
<b>Carretera</b>	Polilínea ABIERTA/ CERRADA
<b>Pantallas</b>	Polilínea ABIERTA
<b>Vegetación</b>	Polilínea CERRADA

**Tabla 5.1.- Condición de líneas en AutoCAD para objetos de CadnaA**

Cuando se trate de elementos auxiliares, que no afectarán al cálculo, no hay ningún tipo de restricción en cuanto a sus propiedades.

Teniendo claro los datos anteriormente mencionados, se procedió a la trazo del edificio, avenida y sus alrededores.

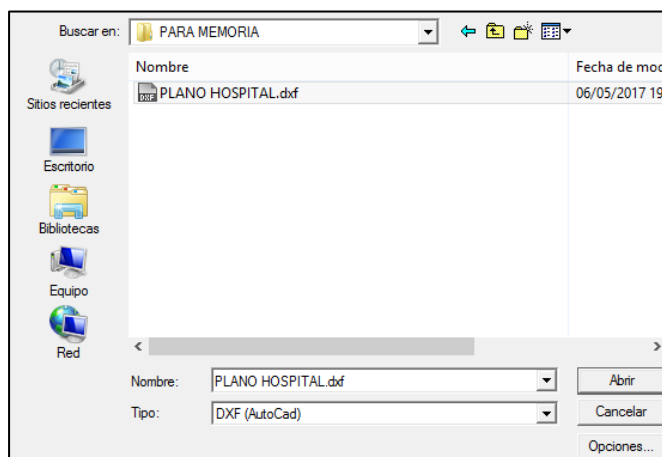


**Figura 5.10.- Modelo final del plano de la zona de estudio**

La última consideración, antes de comenzar a tratar el plano en el entorno de trabajo de CadnaA, es en relación al guardado del archivo. CadnaA tiene problemas a la hora de importar archivos con extensión “.dwg”, no obstante lee a la perfección los archivos con extensión “.dxf”. Por lo tanto, se debe realizar el guardado del archivo también con extensión “.dxf”. Para ello, dentro del menú “Archivo”

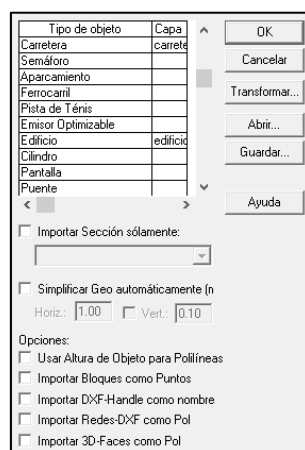
seleccionamos “Guardar Como...” y elegimos la extensión indicada en el menú desplegable. Una vez se dispone del archivo con extensión “.dxf”, estamos listos para trabajar en CadnaA.

Para importar <sup>[92]</sup> un archivo desde CadnaA, debemos desplegar el menú “Archivo” y elegir la opción “Importar”. A continuación, se abre una ventana donde debemos elegir el tipo de extensión del archivo y el archivo a importar. En nuestro caso y en este orden, elegimos como tipo de extensión, “DXF (AutoCAD)”, y como nombre del archivo “PLANO HOSPITAL”.



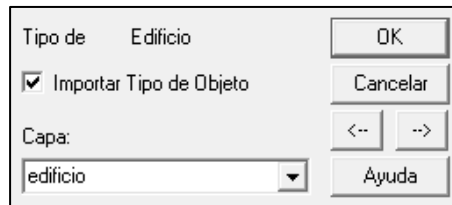
**Figura 5.11.- Ventana para importar archivos**

La siguiente acción a realizar, consiste en asignar a cada tipo de objeto de CadnaA una de las capas de objetos creadas en AutoCAD. Para ello, hacemos clic sobre la pestaña “Opciones...”. La ventana de opciones de importación se muestra en la siguiente figura:



**Figura 5.12- Ventana de opciones de importación para archivos DXF**

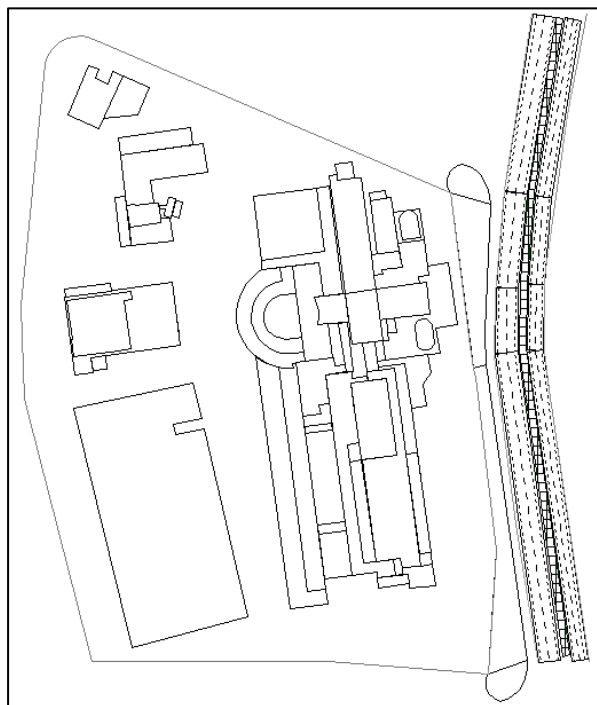
Para enlazar un objeto a una capa, solo basta con cambiar la extensión de capa que aparece por defecto al realizar un doble clic sobre el tipo de objeto, renombrándolo con el nombre que hayamos asignado en el archivo “.dxf”. Nos aparecerá una ventana denominada “Importación: Capa”:



**Figura 5.13.- Ventana de importación de capas.**

Como se puede observar en la figura anterior, para cada tipo de objeto se debe indicar si se desea importar o no. Si no se desea importar el tipo de objeto, basta con deseleccionar el cuadrito situado a la izquierda de la frase “Importar Tipo de Objeto”. Si se desea importar, se dejará seleccionado y además se debe seleccionar la capa, de las creadas en AutoCAD, que contenga el mismo tipo de objeto mediante el menú desplegable de la parte inferior de la ventana.

Por último, se hace clic en el cuadro “OK” de las ventanas “Importación: Capa” y “Opciones de Importación DXF” y en “Abrir” de la ventana “Importar Archivos”. Automáticamente se abre el plano con todos los tipos de objetos importados desde AutoCAD, tal y como se observa en la figura:



**Figura 5.14.- Ventana de trabajo en CadnaA.**

Por otra parte, si hace falta crear nuevos objetos existe la posibilidad de crearla directamente en el entorno de trabajo de CadnaA. Con la ayuda del siguiente cuadro de herramientas:

Por tanto, lo primero es dar altura a los edificios: para ello picamos en la línea de contorno del edificio y con el botón derecho “convertir en: edificio”

Con botón derecho editamos los parámetros del edificio: nombre, y en “Geometría” vamos fijando la altura de cada uno (siempre RELATIVA). Así hasta conseguir una vista en 3D del centro hospitalario.

### **5.5.1. Configuración de las propiedades y caracterización de los objetos**

Después de conseguir en la vista tridimensional una visión próxima a la realidad en cuanto a la disposición de los objetos creados, el siguiente paso consiste en la configuración de las propiedades de cada tipo de objeto y la introducción de valores para su caracterización. Los objetos que permiten realizar dichos cambios y que se han empleado en este proyecto son los siguientes:

- Fuentes de Ruido

- Carreteras

- Obstáculos

- Edificios

Por otra parte, existen objetos que han sido empleados como la vegetación, de las cuales simplemente se modificó su altura desde la opción ‘Geometría...’.

A continuación se expondrán las configuraciones llevadas a cabo en las fuentes de ruido y en los obstáculos.

- Fuentes de Ruido

- Carreteras

En CadnaA, la caracterización de una carretera se realiza a través de su nivel de emisión, que se puede introducir directamente o, si no se disponen de ellos, CadnaA los calcula a través de los datos de aforo de la vía. En adición a los datos de aforo, el software solicita otros datos que le son de ayuda a la hora de calcular el nivel de emisión, como pueden ser el ancho de la vía, los límites de velocidad, el tipo de superficie de la carretera, la pendiente y el tipo de flujo de vehículos. A continuación se muestra la ventana de propiedades de una carretera.

**Figura 5.15.- Ventana de propiedades de carretera**

En primer lugar, se debe especificar el ancho de cada vía mediante el campo 'STE/Dist. (m)' (Sección Transversal Estándar). Al hacer clic sobre la carpeta situada a la derecha del campo, aparece la siguiente ventana:

**Figura 5.16.- Ventana de elección de anchura de carretera**

En la ventana anterior representada, se puede insertar manualmente la anchura o se puede seleccionar la adecuada en una lista de secciones transversales estandarizadas. En nuestro caso, se ha elegido la más adecuada para cada una de las diferentes carreteras.

A continuación, existe la posibilidad de introducir la densidad de tráfico de una carretera a través del aforo de la vía. Existen dos formas de introducir los datos de aforo:

- **“IMD”:** Mediante esta opción, se introduce el IMD (Intensidad Media Diaria), la cual hace referencia al promedio de vehículos que transitan por una vía durante todos los días de un año. Además, se deberá indicar el tipo de carretera.
- **“Datos Horarios de Aforo”:** Seleccionando esta opción, puede introducirse directamente el número de vehículos por hora y el

porcentaje de vehículos pesados para cada periodo (“D”= Día, “T” = Tarde y “N” = Noche).

En nuestro caso, se ha elegido la segunda opción, datos cedidos por el Cabildo de Gran Canaria, información que contiene el número de vehículos por hora.

El siguiente paso consiste en establecer el límite de velocidad. En nuestro caso, el límite de velocidad existente es de 80 km/h para todas las vías. Dicho límite se aplica para todo tipo de vehículos, para ello se activa la casilla perteneciente a vehículos pesados y se le indica el mismo valor.

En el campo **“Superficie Carretera”** se ha seleccionado de entre las opciones posibles, *“Asfalto Bituminoso”* como el tipo de asfalto para todas las vías.

El último campo a rellenar es el **“Flujo de Vehículos”**, donde se debe elegir el adecuado para cada vía entre los siguientes:

*“Flujo Continuo Fluido”*: Para vías en las que los vehículos circulan a velocidad constante y donde hay un tránsito continuado de vehículos. Se ha elegido en las vías principales del centro hospitalario, en tramos en los que no existen intersecciones o rotondas.

### ■ Obstáculos

#### Edificios

En nuestro caso, el obstáculo más influyente y usado es el edificio. En el entorno de trabajo de CadnaA, se puede elegir entre tres propiedades diferentes para definir acústicamente a cada edificio:

- *“Sin Reflexión”*
- *“Pérdidas de Reflexión (dB)”*
- *“Coeficiente de Absorción Alfa”*

En el primer caso, el software no tendrá en cuenta valor alguno sobre reflexión y por lo tanto no afectará en el cálculo. En el segundo caso, se debe introducir en dB el valor de las pérdidas de reflexión, siendo más absorbente el material a medida que el valor introducido aumenta. Además, esta segunda opción, nos da a elegir, haciendo clic en su icono de la carpeta, entre cuatro materiales predeterminados, que son:

- *“Fachada Silenciosa / Pantalla Reflectante”* = Le asigna 1 dB
- *“Fachada de Construcción”* = Le asigna 2 dB
- *“Pantalla Absorbente”* = Le asigna 4 dB
- *“Pantalla Muy Absorbente”* = Le asigna 8 dB



A continuación, se muestra la ventana de propiedades de un edificio:

**Figura 5.17.- Ventana de propiedades de edificio**

En nuestro caso, hemos usado la tercera opción (“Coeficiente de Absorción Alfa”) e introducimos manualmente el coeficiente de absorción correspondiente a la ventana ya que nuestro edificio formada mayoritariamente por área acristalada.

### 5.5.2. Elementos de los cálculos

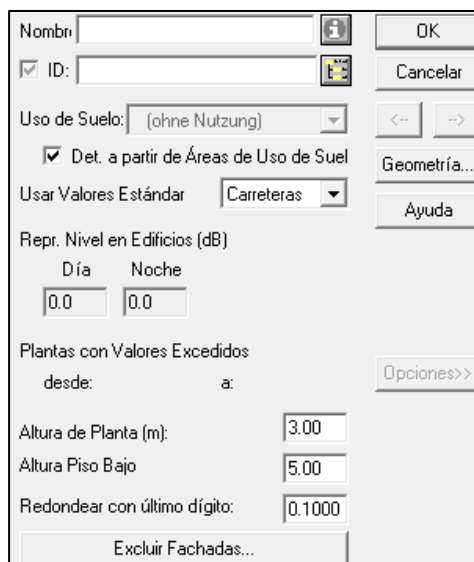
En CadnaA existen varios elementos destinados a aportar información sobre los niveles obtenidos mediante los modelos de cálculo, en nuestro caso utilizaremos los siguientes:



#### **“Evaluación de Edificios”**

El cual nos va a permitir calcular los niveles de inmisión en la fachada del hospital Insular. Para ello, se selecciona el icono correspondiente a la “Evaluación de Edificios” en la paleta de herramientas del entorno de trabajo de CadnaA y se coloca dentro del edificio.

A continuación se muestra la ventana de propiedades del objeto “Evaluación de Edificios”.



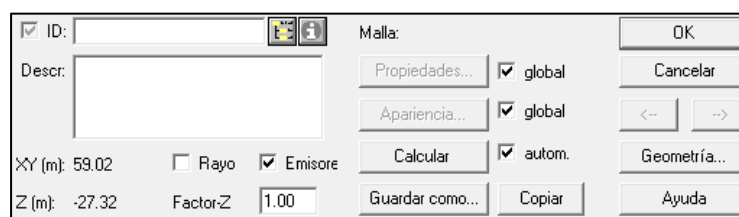
**Figura 5.18.- Ventana de propiedades de evaluación de edificios**

Otro aspecto a modificar antes de proceder al cálculo, es la altura de cada planta y de la planta baja de los edificios. En nuestro caso se han elegido 3 m. para la altura de cada planta y 5 m. para la planta baja. Una vez realizados los cálculos, en la ventana de propiedades nos indica en el campo “*Repr. Nivel en Edificios (dB)*” los niveles de inmisión en la fachada de dicho edificio.



### “Malla Vertical”

Otra herramienta que nos proporciona el CadnaA, es poder calcular la malla vertical. Con este cálculo podremos observar la contaminación acústica que produce el tráfico rodado que discurre por avenida Marítima. Se observará los rayos acústicos producidos por ese tramo de vía. Una vez se seleccione esta opción de la barra de herramienta, dibujaremos una línea que corte en el edificio y realizando un doble clic sobre la línea dibuja, se abrirá una ventana correspondiente a la Malla Vertical.



**Figura 5.19.- Ventana de propiedades de evaluación de la malla vertical**

### 5.5.3. Configuración de los cálculos

Para que el cálculo de los niveles de fachada sea el correcto, se deben configurar el elemento de cálculo. Todas las configuraciones de cálculo seleccionadas a continuación son las elegidas para la simulación de este proyecto.

### Configuración de Mapa Acústico en Edificios / Evaluación de edificios

Para acceder a la ventana de configuración de “*Mapa Acústico en Edificios / Evaluación de Edificios*”, se hace clic en menú “*Opciones*” – “*Mapa Acústico en Edificios...*”.

La ventana de configuración se divide en dos secciones. La primera de ellas está relacionada con el cálculo, donde el parámetro más importante es la “*Distancia Rec - Fachada (m)*” ya que es el que define a que distancia está situado el receptor con respecto a la fachada del edificio (En nuestro caso se ha elegido un valor de 0,05 m). La segunda sección se centra en el aspecto de los resultados sobre el modelo y se podrá modificar una vez realizado el cálculo sin necesidad de repetir el mismo. A continuación se puede observar la configuración elegida.

**Figura 5.20.- Ventana de configuración del mapa acústico en edificios**

Se debe tener especial cuidado con no tener seleccionada la opción “No Crear Mapa Acústico en Edificios”, de lo contrario no se llevará a cabo la “Evaluación de Edificios”.

## Malla de Receptores

Al igual que para la “Evaluación de Edificios”, existen dos campos de configuración. El campo de configuración de los cálculos y el de la apariencia.

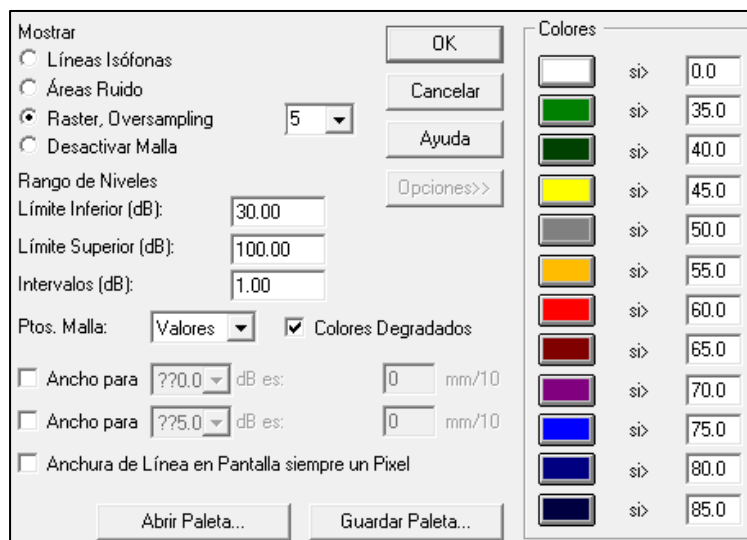
Se puede acceder al campo de configuración de los cálculos a través del menú “Malla” – “Propiedades”. La siguiente figura muestra la ventana de configuración de la “Malla de Receptores” con la configuración elegida.

Figura 5.21.- Ventana de configuración de la malla de receptores

Después de realizar los cálculos, la zona de estudio es coloreada según el nivel de inmisión de cada punto. Cada punto está situado a una distancia fija y es lo que CadnaA denomina “Espaciado de Receptores”. En nuestro caso, la distancia elegida es de 30 m., tanto en la componente horizontal (“dx”) como en la vertical (“dy”). La elección de este valor es importante ya que afectará directamente sobre el tiempo de cálculo.

Otro aspecto importante es la “Altura de Receptor (m)”. Ésta debe ser de 4 m., ya que es la establecida por la normativa de ruidos (Real Decreto 1367/2007). El campo “Definir Límites como malla” debe estar activado para que se defina el área de cálculo creada por nosotros como límite de la malla. Por último, los campos “Excluir Emisores Sonoros” y “Excluir Edificios” se deben de deseleccionar para que la malla se cree en toda el área seleccionada y no existan espacios vacíos sin calcular dentro de los emisores superficiales y entre edificios muy próximos entre sí.

Para acceder a la ventana de configuración de “Apariencia de Malla” hacemos clic en el menú “Malla” – “Apariencia...”. La figura que se muestra a continuación representa la apariencia gráfica elegida para la presentación de la malla de la zona de estudio.



**Figura 5.22.- Ventana de configuración de la apariencia de malla**

En la figura anterior, se observa que los mapas se mostrarán mediante la opción “*Raster, Oversampling*” con una resolución igual a 5. Con esta opción, se obtiene la coloración de todo el mallado, estableciendo que el pixelado entre colores sea de 5 unidades (a mayor valor mayor es el pixelado). El rango de niveles inferior y superior que se representarán en la malla, así como el intervalo en dB y el color que tomará cada intervalo, son los que se observan en la figura anterior. La apariencia de la malla se podrá modificar una vez calculada la misma, sin necesidad de repetir el cálculo. Si únicamente se desea realizar el cálculo de la malla, basta con elegir en el menú “*Malla*” la opción “*Calc Malla*”.

### Configuración General

Después de configurar la “*Evaluación de Edificios*” y la “*Malla de Receptores*”, se procede a configurar todos los parámetros generales, necesarios para el cálculo de los niveles sonoros y que influirán en todos los cálculos que se realicen.

Desde el menú “*Cálculos*” – “*Configuración...*” se accede a la ventana de “*Configuración de los Cálculos*”, la cual está estructurada en varias secciones de configuración, que se mostrarán haciendo clic en cada una de las pestañas. A continuación, se indican las diferentes configuraciones elegidas para este proyecto en cada una de esas secciones, explicadas según el manual de CadnaA.

#### ***País***

En la sección “*País*”, se seleccionan los métodos de cálculo que CadnaA utilizará en la simulación del modelo acústico. En nuestro caso los campos se rellenan automáticamente ya que la versión de software de la que se dispone ya trae preconfigurados las normas o estándares para los métodos de cálculo según se establecen en la legislación española.

Abs. Terreno	Reflexión	Industria	Carretera	Ferrocarril	Emisores Opt.
País	General	Partición	Periodos Ref.	Índices Cálculo	MDT
País:	[definido por el usuario]		Abrir Configuración...		
Estándares / Normas:			Guardar Configuración...		
Industria:	ISO 9613				
Carreteras:	NMPB-Routes-96				
Ferrocarril:	SRM II				
Aviación:					
Aceptar Cancelar Ayuda					

**Figura 5.23.- Ventana de configuración de la sección país**

### General

El “Radio Máximo de Búsqueda (m)” es la distancia alrededor del punto receptor en la que se tendrá en cuenta los emisores sonoros existentes. Más allá del valor elegido no se tendrá en cuenta ningún emisor sonoro. En nuestro caso el valor elegido es de 2.000 metros. Los campos “Error Máx. (dB)”, “Mínima Distancia Emisor a Receptor (m)” y “Coef. Incertidumbre Propagación” se han dejado con los valores por defecto.

La opción “Extrapolar Malla ‘bajo’ edificios” debe estar activada. Con esto se evita que se generen áreas vacías sin calcular cerca de los edificios cuando se calcule la malla. No se selecciona ninguna “Interpolación de Malla”. Tal y como establecen la norma ISO 9613-2:1996, el método de “Apantallado Rápido” no se debe seleccionar cuando se empleen emisores lineales, puntuales o superficiales, de lo contrario la propagación de los niveles sonoros emitidos por éstos no se simulará de manera correcta. El método de cálculo utilizado es el Ray Tracing. Para que esto sea así, no se debe seleccionar la casilla “Método Angular”.

Abs. Terreno	Reflexión	Industria	Carretera	Ferrocarril	Emisores Opt.
País	General	Partición	Periodos Ref.	Índices Cálculo	MDT
Error Máx. (dB):	0.0	Interpolación de Malla:	[ningun]		
Radio Máx. Búsqueda (m):	2000.0	Dif. Máx. Esquinas (dB):	10.0		
Mín. Distancia Emisor a Recpt (m):	0.0	Dif. Máx. Centro (dB):	0.10		
<input checked="" type="checkbox"/> Extrapolar Malla 'bajo' edificios	<input type="checkbox"/> Apantallado Rápido				
Coef. Incertidumbre Propagación:	3*log10(d/10)				
<input type="checkbox"/> Método Angular	<input type="checkbox"/> Compatibilidad Mithra				
Número Segmentos Angulares:	100				
Profundidad Reflexión:	0				
Aceptar Cancelar Ayuda					

**Figura 5.24.- Ventana de configuración de la sección general**

### Partición

Se debe activar la proyección de emisores lineales para así obtener unos resultados reales. En este caso no disponemos de ningún emisor superficial por lo que se aconseja desactivar estos campos para reducir el tiempo de cálculo. El radio de búsqueda de emisores y receptores así como la máxima distancia entre emisor y receptor se establece en 2.000 metros. El resto de campos se dejan con los valores por defecto.

**Figura 5.25.- Ventana de configuración de la sección partición**

### Absorción del Terreno

Se ha considerado una “Absorción del Terreno (G)” como absorbente ( $G = 1$ ). Además, se han desactivado el resto de casillas, ya que no se desea que las carreteras, parkings y edificios sean reflectantes ( $G = 0$ ). Estos últimos porque ya se les ha asignado los coeficientes de absorción respectivos.

**Figura 5.26.- Ventana de configuración de la sección absorción del terreno**

### Reflexión

Se ha elegido un “Orden máximo de Reflexión” igual a 2, suficiente para nuestro objetivo. De elegir un valor mayor la simulación tardaría más tiempo. El resto de “Condiciones para el Cálculo de Reflexiones” permanecen con los valores por defecto.

Figura 5.27.- Ventana de configuración de la sección reflexión

### Carretera

Para evitar que la emisión de la carretera se efectúe desde la mediana de ésta, se elige la opción “Calcular Carriles externos separadamente”. La norma de cálculo a elegir para la emisión de las carreteras es la norma francesa “NMPB” tal y como establece el Real Decreto 1367/2007. En el campo “Meteorología...” se pueden seleccionar los “Porcentajes de condiciones favorables” a la propagación. Por defecto, aparecen los recomendados por el grupo de trabajo europeo WG-AEN:

- Período de día: 50%
- Período de tarde: 75%
- Período de noche: 100%

Figura 5.28.- Ventana de configuración de la sección carretera



## **Capítulo 6**

### **Análisis de Resultados**

---

En el presente capítulo, se analizará la información obtenida de las mediciones sonométricas y de las grabaciones de audio. Procediendo a presentar los resultados de atenuación sonora y de aislamiento acústico con los datos proporcionados por los sonómetros, complementándolos con los espectros de frecuencia cuyos datos se obtendrá de las grabaciones de audio realizadas. Por último se comparará con los datos de la simulación.



## 6. Introducción

Como ya hemos mencionado anteriormente, se realizaron *dos campañas de medidas*, debido al fallo de la instrumentación.

En la primera campaña, las condiciones fueron las mejores, ya que las medidas se realizaron en la habitación de hospitalización número 1176 (con **un paciente**), en el despacho de servicio de urología y en la avenida Marítima. Son las mejores condiciones, debido a que la habitación, estaba situada en la última planta, justo en el centro del voladizo del helipuerto y el despacho, situado en el centro de la misma planta, pero alejado de la zona del helipuerto, sin voladizo. Es importante mencionar que solo se pudieron obtener los datos sonométricos, de dos puntos de medida (habitación y avenida Marítima), por ello, la necesidad de realizar una segunda campaña de medida.

En la segunda campaña las posiciones de las estaciones no pudieron ser las mismas, debido a la escasa disponibilidad del centro hospitalario, por ello no tuvimos acceso a la misma habitación ni al mismo despacho, si no que las medidas se tuvieron que realizar en la sala de espera de familiares, en el despacho del servicio de cirugía vascular y en la avenida Marítima. Cabe mencionar que dos de ellas (sala de familiares y despacho) estaban situadas en los extremos, de la última planta, **a diferencia de la primera campaña**. Esta vez, no tuvimos inconvenientes con los equipos, por lo que se pudo obtener información, tanto de las medidas sonométricas como de las de audio, en los tres puntos.

Una vez comentado los acontecimientos ocurridos y de la información que se tiene, producto de las mediciones, vamos a presentar los resultados según la siguiente estructura:

- Resultados de sonometría: se presentará la evolución temporal, de los niveles de presión sonora ( $L_p$ ) del tráfico de la avenida Marítima, de los despachos, de la habitación y de la sala, incluyendo gráficas de sucesos sonoros comparativos y de niveles percentiles, además de promedios, desviación típica, valores máximos y mínimos,
- Resultados de atenuación: se presentará una tabla, con los valores más representativos y se determinará la atenuación sonora, que se produce en el exterior e interior de la última planta, con respecto a la avenida Marítima.
- Resultados de aislamiento: igualmente se presentara, una comparativa del aislamiento de fachada de la habitación (*campaña 1*) y de la sala de familiares (*campaña 2*).
- Espectro de frecuencia en tercios de octava: representación gráfica, de los niveles de banda de tercios de octava, seleccionando un fragmento de audio,

de sucesos ocurridos al mismo tiempo, en los tres puntos de medida. Mostrando información, solo de la *segunda campaña*.

- Resultado de la simulación: presentación resultante, de la malla de niveles de presión sonora, en fachadas del edificio, del periodo día,

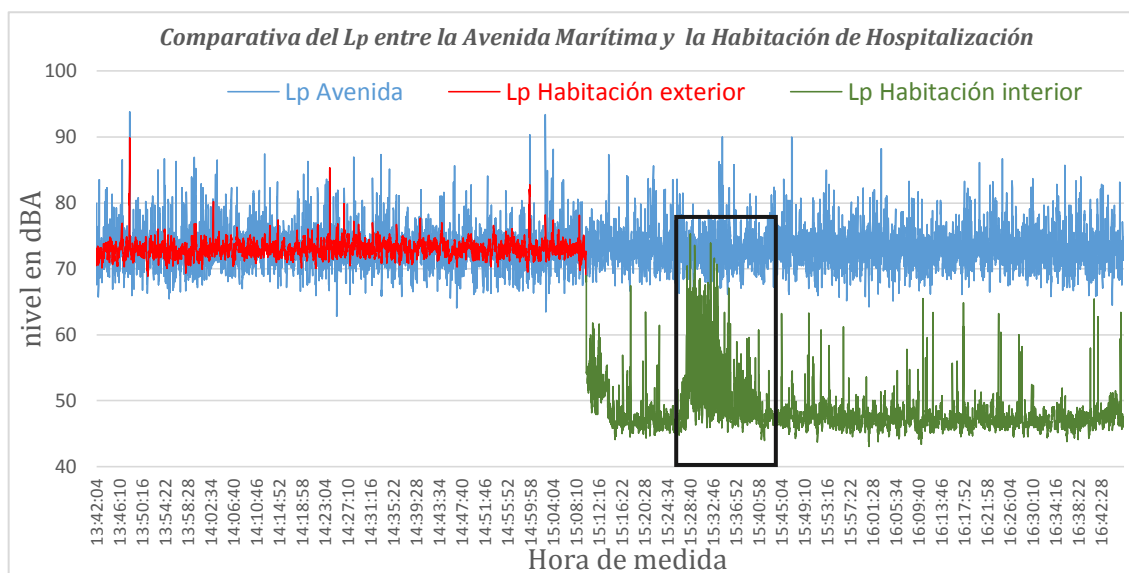
### 6.1 Resultados de sonometría

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, para determinar el efecto que produce, el voladizo del helipuerto, en el área de hospitalización.

#### 6.1.1 Evolución temporal

##### *Campaña 1*

En primer lugar, se representa la evolución temporal de los niveles sonoros  $L_p$ , desde las 13:42 horas hasta las 16:42 del *día jueves* 29 de octubre 2015, en la avenida Marítima y de la habitación de hospitalización número 1176, la primera hora, en el exterior de la habitación (fachada) y la segunda hora, en el interior de la misma, con la ventana cerrada.



**Figura 6.1.- Gráfica de la evolución temporal del nivel  $L_p$**

En la figura 6.1, se puede observar claramente, un descenso brusco de nivel, producto del ingreso del sonómetro, para la captación de las medidas, en el interior de la habitación, como también se puede apreciar existe un **incremento de nivel** (recuadro negro) en el periodo de 15:27 hasta las 15:45, en el interior de la habitación, debido al ingreso de las enfermeras para dar atención al paciente, también se aprecian, en el resto de la gráfica, picos de niveles debidos a espasmos producidos por el paciente.

### Campaña 2

Ahora, se representa la evolución temporal de los niveles sonoros  $L_p$ , desde las 9:43 horas hasta las 10:46 del día *miércoles* 22 de junio 2016, en la avenida Marítima, sala de familiares y despacho de servicio de cirugía vascular, de estos dos últimos, la primera media hora, en el exterior (fachada) y la segunda en el interior, pero con la ventana cerrada. Mediante la grabación realizada, en formato de audio digital, se constata que estos niveles son procedente del tráfico rodado de la avenida.

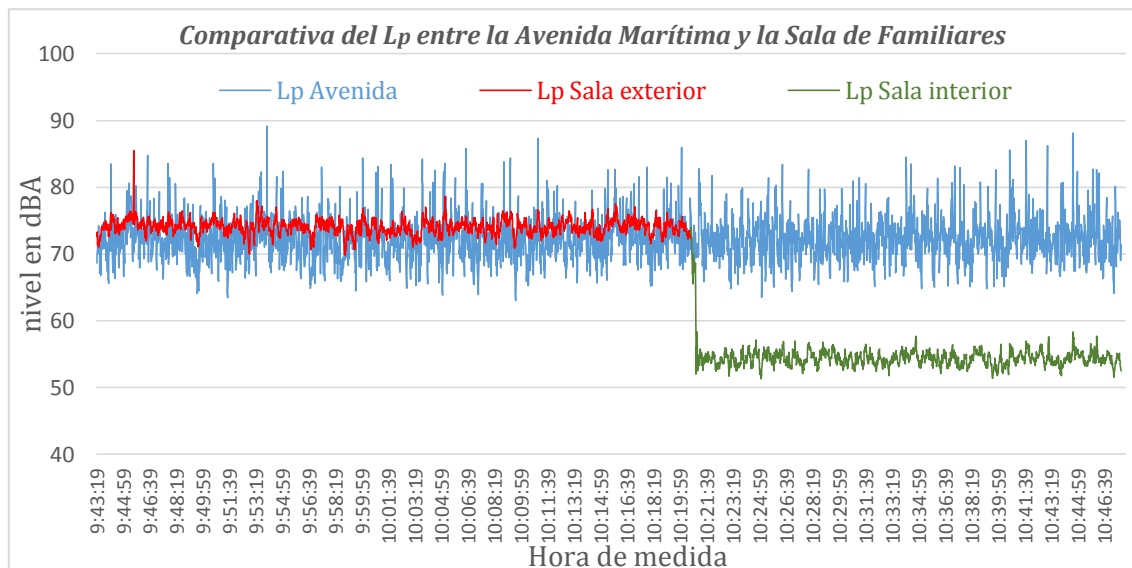


Figura 6.2.- Gráfica de la evolución temporal del nivel  $L_p$

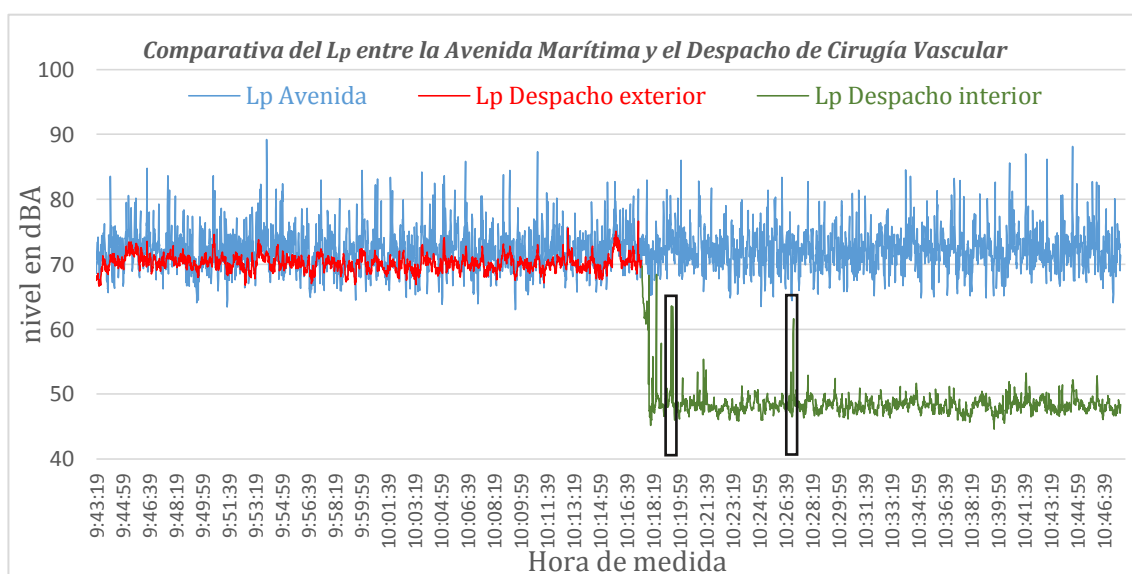


Figura 6.3.- Gráfica de la evolución temporal del nivel  $L_p$

Una pequeña observación, con respecto a la figura 6.3, los **niveles** remarcados, en el **recuadro negro**, se deben a la entrada y salida del despacho, para

la verificación del sistema, ya que en este sitio fue donde produjo, el fallo del sonómetro, la primera campaña de medida.

De esta *segunda campaña*, también se mostrará en la tabla 6.1, el promedio de la diferencia, entre la sala y el despacho, en el exterior, comprobándose que existe un incremento de **3,9 dBA**. También se presenta un promedio, de la diferencia entre la sala y el despacho, en el interior de los mismos, comprobándose que existe un incremento de **6 dBA**.

Promedio (dBA)		
Estación	Zona	Campaña 2
<b>Sala - Despacho</b>	<b>Exterior</b>	<b>3,9</b>
<b>Sala - Despacho</b>	<b>Interior</b>	<b>6</b>

**Tabla 6.1.- Promedio de la diferencia de niveles en recepción, del exterior e interior**

Es decir hay un incremento de **3,9 dBA**, en el exterior de la sala de espera, ubicada en el área de hospitalización, debido a la **reflexión acústica**, provocada por la presencia del **voladizo**, mientras que en el interior de la sala, hay un incremento de **6 dBA**, debido también a la reflexión acústica del voladizo y al aislamiento acústico.

### 6.1.2 Promedios comparativos

A continuación, se presenta un promedio comparativo general, de las medidas sonométricas, entre la *campaña 1* y *campaña 2*.

Primeramente, se presentarán los promedios obtenidos, en el **área de hospitalización**, de la cual tenemos información, de ambas campañas de medida.

Promedio (dBA)					
Estación	Zona	Campañas		Desviación Típica	
		1	2	1	2
<b>Avenida</b>	Exterior	73,0	72,1	2,72	3,24
<b>Habitación</b>	Exterior	73,0	-	1,22	-
<b>Sala</b>	Exterior	-	74,0	-	1,11
<b>Habitación</b>	Interior	48,1	-	3,50	-
<b>Sala</b>	Interior	-	54,3	-	1,00

**Tabla 6.2.- Promedio de niveles de recepción en los dos puntos de medida, área de hospitalización**

En la tabla 6.2, podemos observar tres valores que más nos llaman la atención, comenzaremos con los dos promedios, de nivel de presión sonora ( $L_p$ ), de la zona interior, pese a que las medidas se realizaron en la misma área, pero en sitios diferentes, es decir, en la *campaña 1*, el promedio fue de **48,1 dBA**, para la habitación, mientras que, en la *campaña 2*, el promedio fue de **54,3 dBA**, para la sala

de espera, esto es debido, a las características y superficie del cerramiento de fachada, de ambas estancias. El último promedio que se destaca es el de **74 dBA**, en la *campana 2*, del exterior de la sala de espera, ya que el nivel recibido es mayor, que en la avenida, esto debido en parte, a la ubicación de la sala de espera, situada en un extremo de la última planta del hospital, no así, el promedio de la *campana 1*, ya que la ubicación de la habitación, era casi en el centro, de la área de hospitalización.

Ahora, se presentarán los promedios obtenidos, en el **área de despachos**, de la cual tenemos información, solo de la *campana 2*.

L <sub>p</sub> (dBA)			
Estación	Zona	Campaña	Desviación Típica
		2	2
Avenida	Exterior	72,1	3,24
<b>Despacho</b>	<b>Exterior</b>	<b>70,1</b>	<b>1,16</b>
<b>Despacho</b>	<b>Interior</b>	<b>48,3</b>	<b>1,14</b>

**Tabla 6.3.- Promedio de niveles de recepción en los dos puntos de medida, área de despachos**

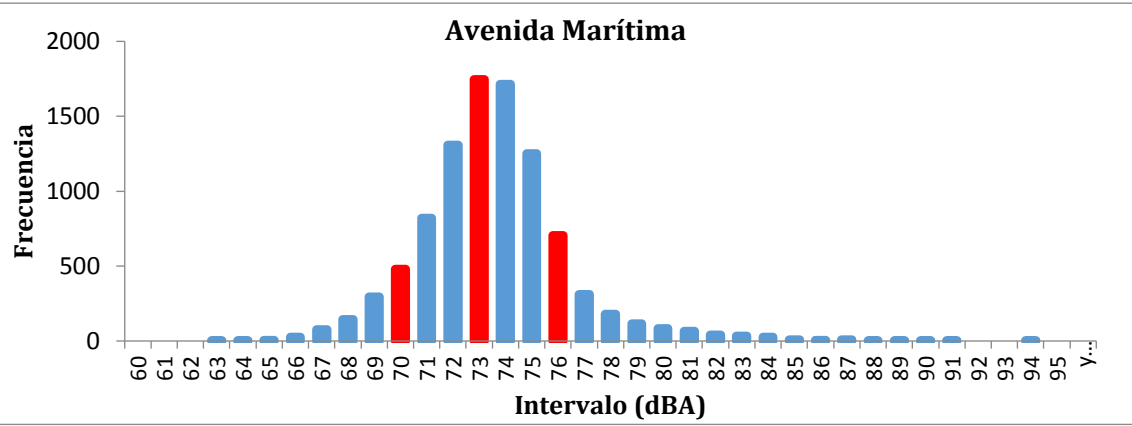
Debido a que no se tiene información, de la *campana 1*, no podemos contrastar con la *campana 2*. Lo que sí se puede observar en la tabla 6.3, es que el promedio en el exterior, del de área de los despachos, no es mayor que el promedio recibido en la avenida, a diferencia de lo que ocurría, en el área de hospitalización, pese a que el despacho también está situado, el extremo de la última planta, un factor que hay que tener en cuenta, es que esta área, no tiene voladizo.

### 6.1.3 Niveles percentiles

A continuación, se procederá a definir estadísticamente, los niveles sonoros de cada estación, mediante la ayuda de un histograma, mostrando en el mismo, los niveles equivalentes al 10%, 50% y 90%, para ambas campañas.

#### *Campaña 1*

Comenzaremos mostrando el histograma, de la avenida Marítima.



*Figura 6.4.- Histograma de los niveles  $L_p$  de la avenida Marítima*

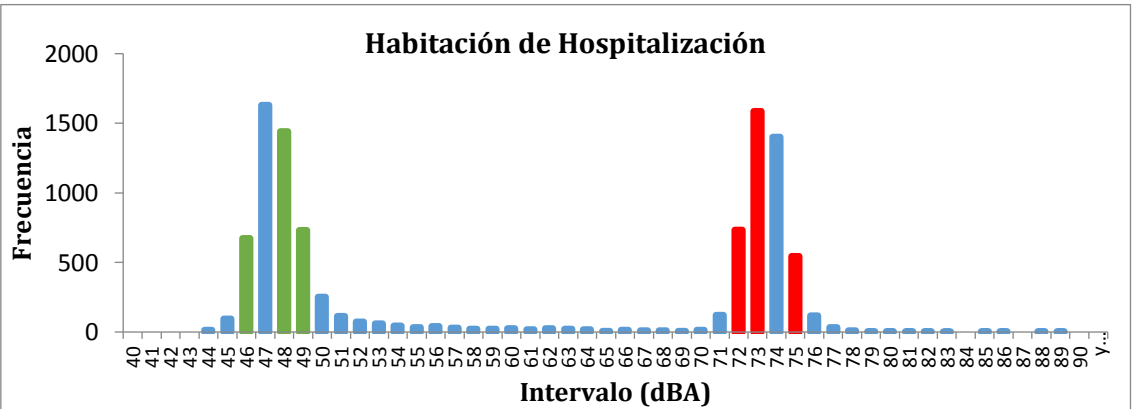
Como se puede observar, en la figura 6.4, la estación de la avenida, es donde mayores niveles se han registrado, basándonos en el histograma, la mayoría de medidas han tomado valores entre **69dBA y 77 dBA**.

En la siguiente tabla, se muestran los percentiles más representativos, de la figura 6.4.

$L_p$ (dBA)	
Percentiles	Nivel
10%	76
50%	73
90%	70

*Tabla 6.4.- Percentiles de la avenida Marítima*

El presente histograma, corresponde a la habitación.



*Figura 6.5.- Histograma de los niveles  $L_p$  de la habitación*



En la figura 6.5, se observa una clara diferencia, con respecto al de la avenida, y tiene sentido, ya que la parte de la izquierda, pertenece a niveles, en el interior de la habitación, y la parte derecha a niveles, en el exterior, en medio, de ambas gráficas podemos apreciar, pequeños niveles que están entre **55 dBA** y **69 dBA**, que corresponden a la presencia de la enfermera, para atender al paciente.

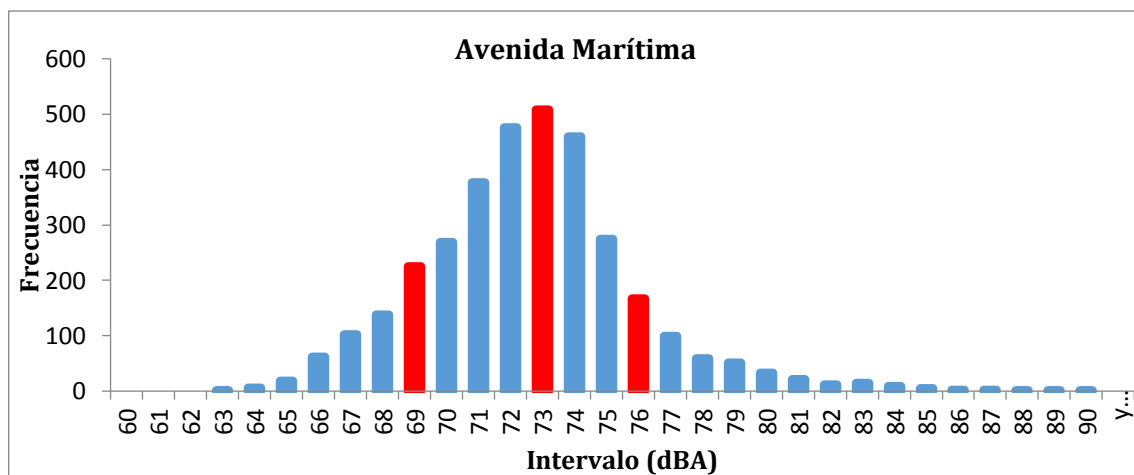
En la siguiente tabla se muestran los percentiles más representativos, de la figura 6.5.

<b><math>L_p</math> (dBA)</b>		
<b>Percentiles</b>	<b>Niveles</b>	
	<b>Interior</b>	<b>Exterior</b>
<b>10%</b>	49	75
<b>50%</b>	48	73
<b>90%</b>	46	72

**Tabla 6.5.- Percentiles de la habitación**

### ***Campaña 2***

Seguidamente, se presentará los histogramas de la *campaña 2*, de esta campaña, se presentaran tres histogramas a diferencia de la campaña1. Comenzando, con el de la avenida Marítima.



**Figura 6.6.- Histograma de los niveles  $L_p$  de la avenida Marítima**

Como se puede observar, en la figura 6.6, la estación de medida, de la avenida, es donde mayores niveles se han registrado, como se aprecia en el histograma, es decir, la mayoría de medidas, han tomado valores entre **67 dBA** y **77 dBA**.

En la siguiente tabla, se muestran los percentiles más representativos, de la figura 6.6.

L <sub>p</sub> (dBA)	
Percentiles	Nivel
10%	76
50%	73
90%	69

Tabla 6.6.- Percentiles de la avenida Marítima

Ahora presentamos, el histograma de sala de espera.

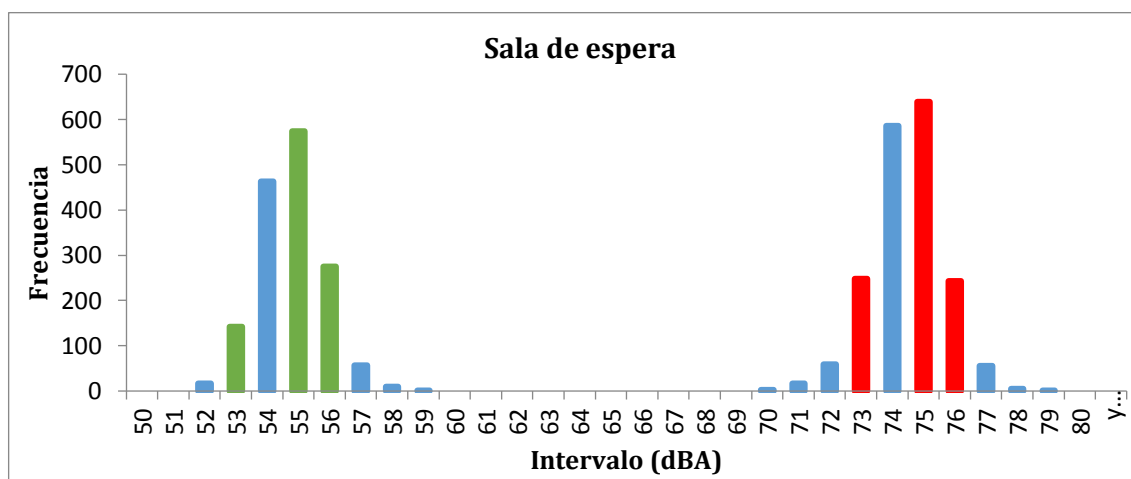


Figura 6.7.- Histograma de los niveles L<sub>p</sub> de la sala de espera

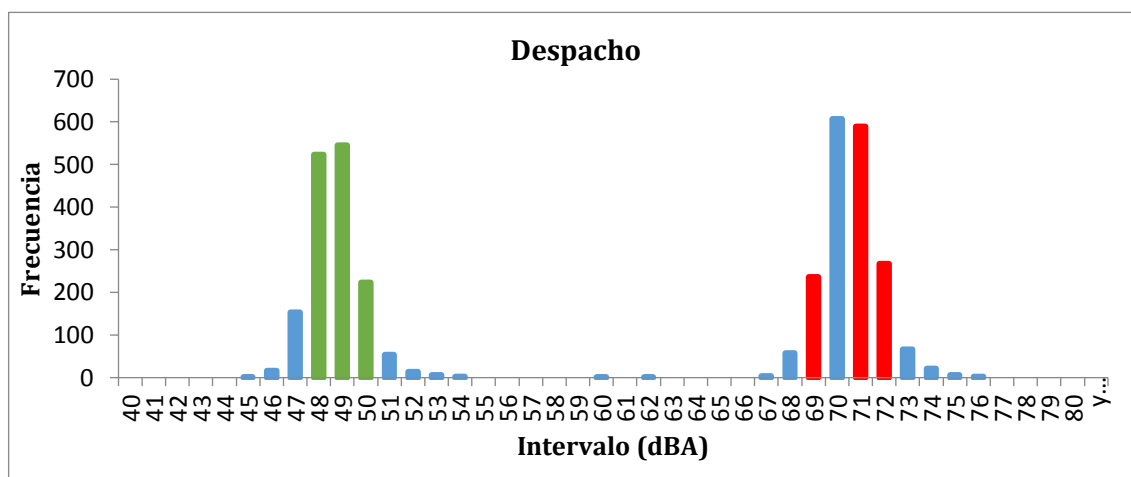
Al igual, que en la *campana 1*, en la figura 6.7, se observa una clara diferencia con respecto al de la avenida, ya que los niveles de la parte izquierda, pertenecen, al interior de la sala de espera y los niveles de la parte derecha, pertenecen, al exterior de la misma, en medio de ambas gráficas, no se observan niveles ya que la sala permaneció vacía.

En la siguiente tabla, se muestran los percentiles más representativos, de la figura 6.7.

L <sub>p</sub> (dBA)		
Percentiles	Niveles	
	Interior	Exterior
10%	56	76
50%	55	75
90%	53	73

Tabla 6.7.- Percentiles de la sala de espera

Por último, se presenta el histograma del despacho.



**Figura 6.8.- Histograma de los niveles  $L_p$  del despacho**

En la figura 6.8, se observa una clara diferencia con respecto, al histograma de la avenida, ubicándose a la izquierda, los niveles del interior del despacho y a la derecha, los niveles del exterior, en medio de ambas gráficas, se observan dos pequeños niveles en, **60 dBA** y **62dBA**, debido al ingreso en el despacho, para la verificación de los equipos de medición.

En la siguiente tabla, se muestran los percentiles más representativos, de la figura 6.8.

$L_p$ (dBA)		
Percentiles	Niveles	
	Interior	Exterior
10%	50	72
50%	49	71
90%	48	69

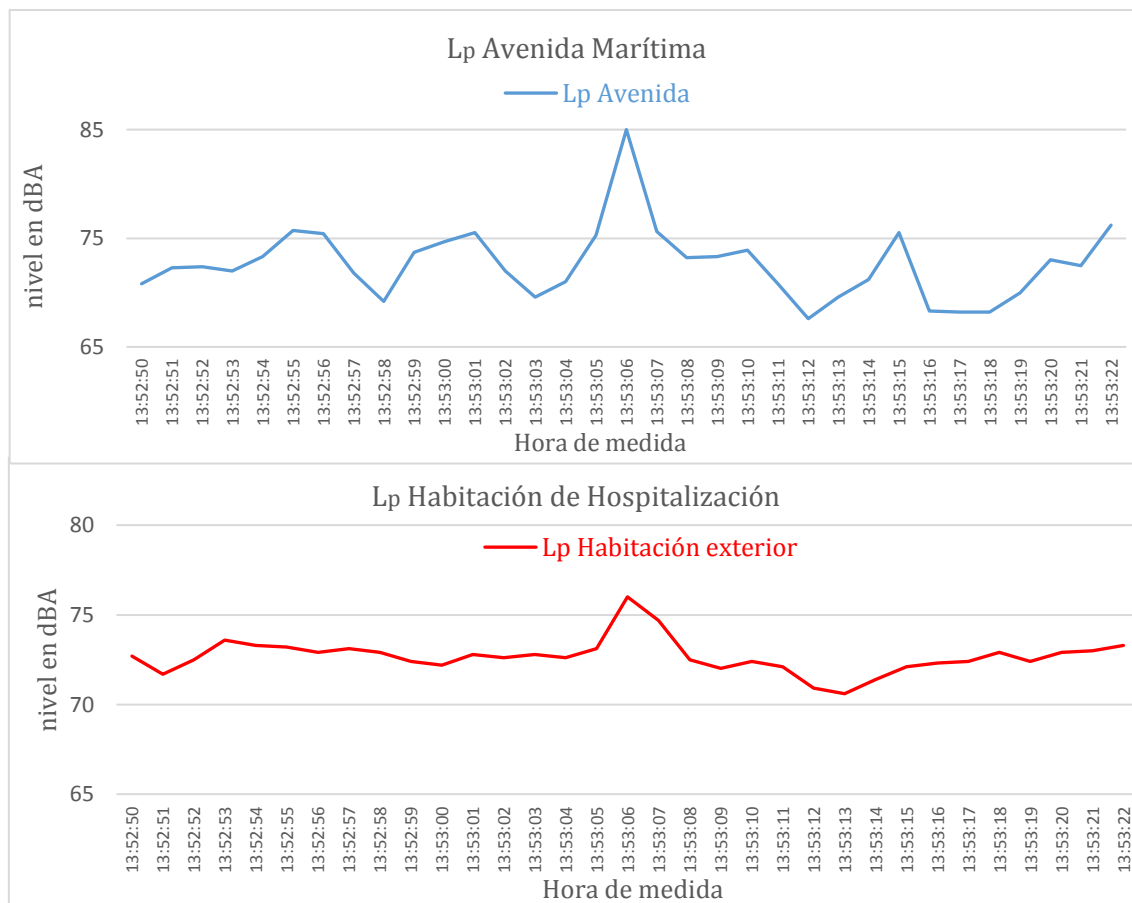
**Tabla 6.8.- Percentiles del despacho**

### 6.1.4 Intervalos comparativos

A continuación, se presentarán gráficas, mostrando intervalos comparativos de los puntos de medida, tanto, en el exterior como en el interior, para ambas campañas.

#### *Campaña 1*

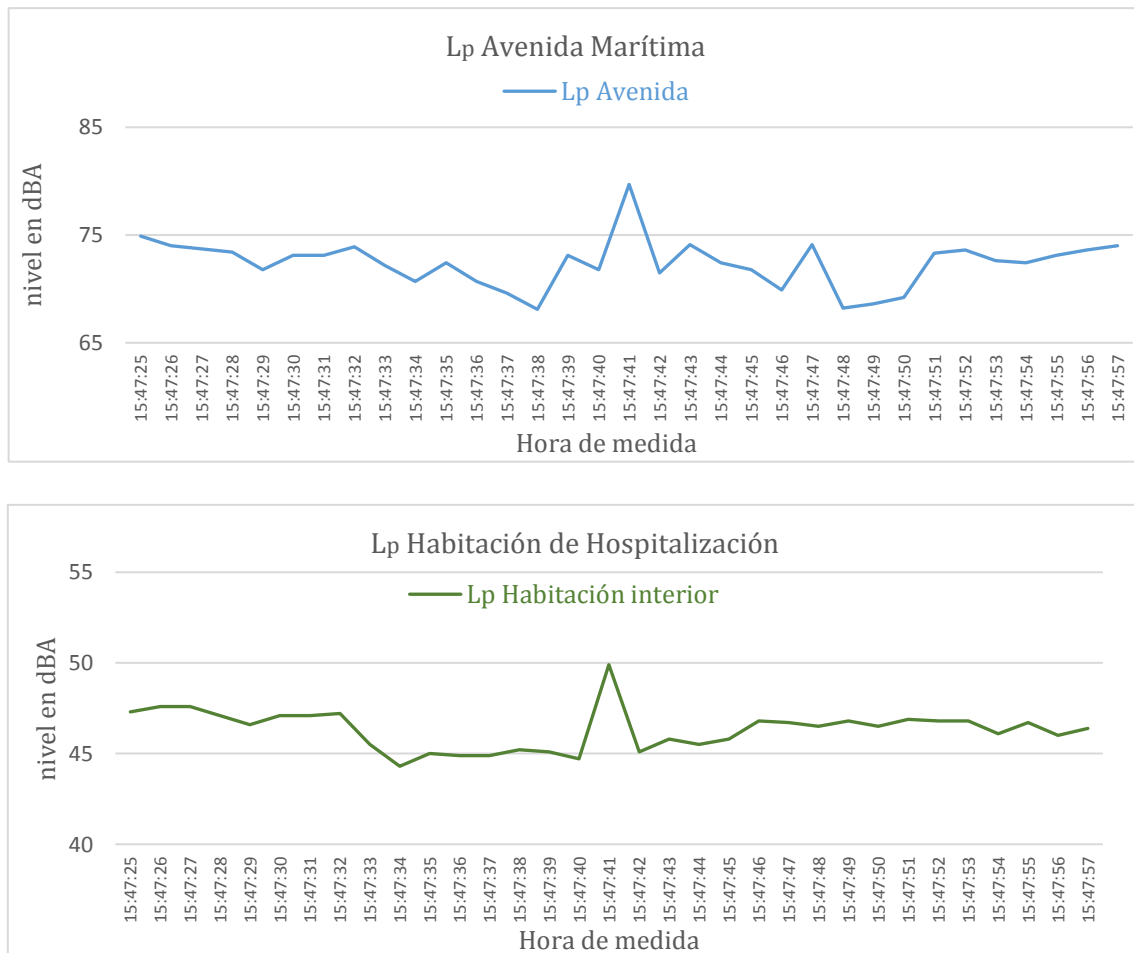
Comenzaremos, con las gráficas comparativas de la *campaña 1*, en el exterior.



**Figura 6.9.- Comparación de niveles en el exterior**

Una vez sincronizados, los valores de los puntos medida, se procedió a buscar los picos de niveles más pronunciados, para poder compararlos. En la figura 6.9, se observa, que en la habitación, zona exterior, los niveles son menores con respecto a la avenida, producto de la atenuación sonora.

Ahora presentamos, las gráficas, de los intervalos comparativos de la *campaña 1*, en el interior.



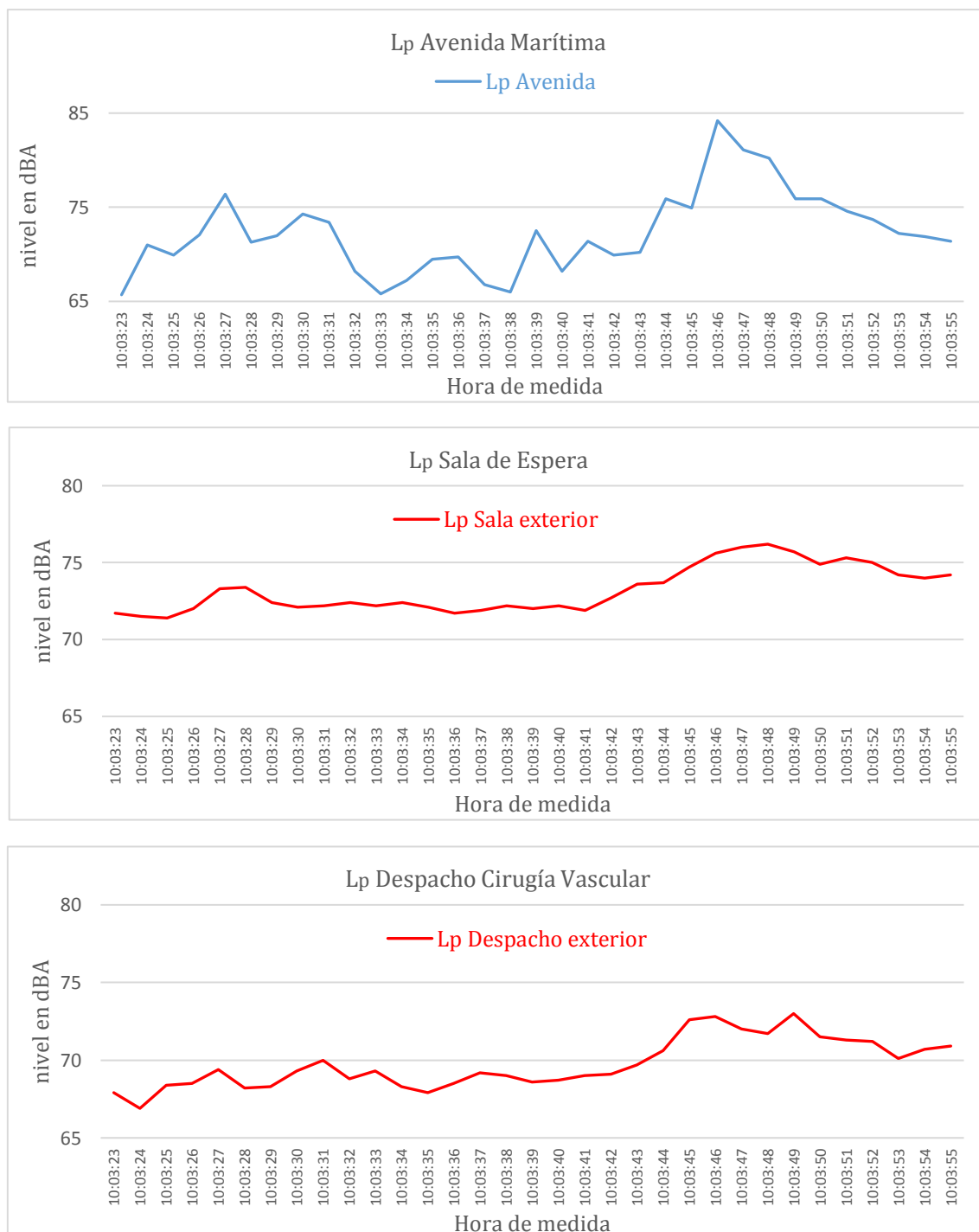
**Figura 6.10.- Comparación de niveles en el interior**

En la figura 6.10, se puede apreciar un decremento brusco de niveles, en la habitación, debido a que las medidas acústicas, se registraron en el interior de la misma.

La comparativa del despacho, en la *campaña 1*, no se presenta debido a que, no se pudo rescatar información de niveles, en este punto de medida.

## Campaña 2

Continuamos presentando gráficas, de intervalos comparativos, de los puntos de medida, pero ahora, de la *campaña 2*, en el exterior.

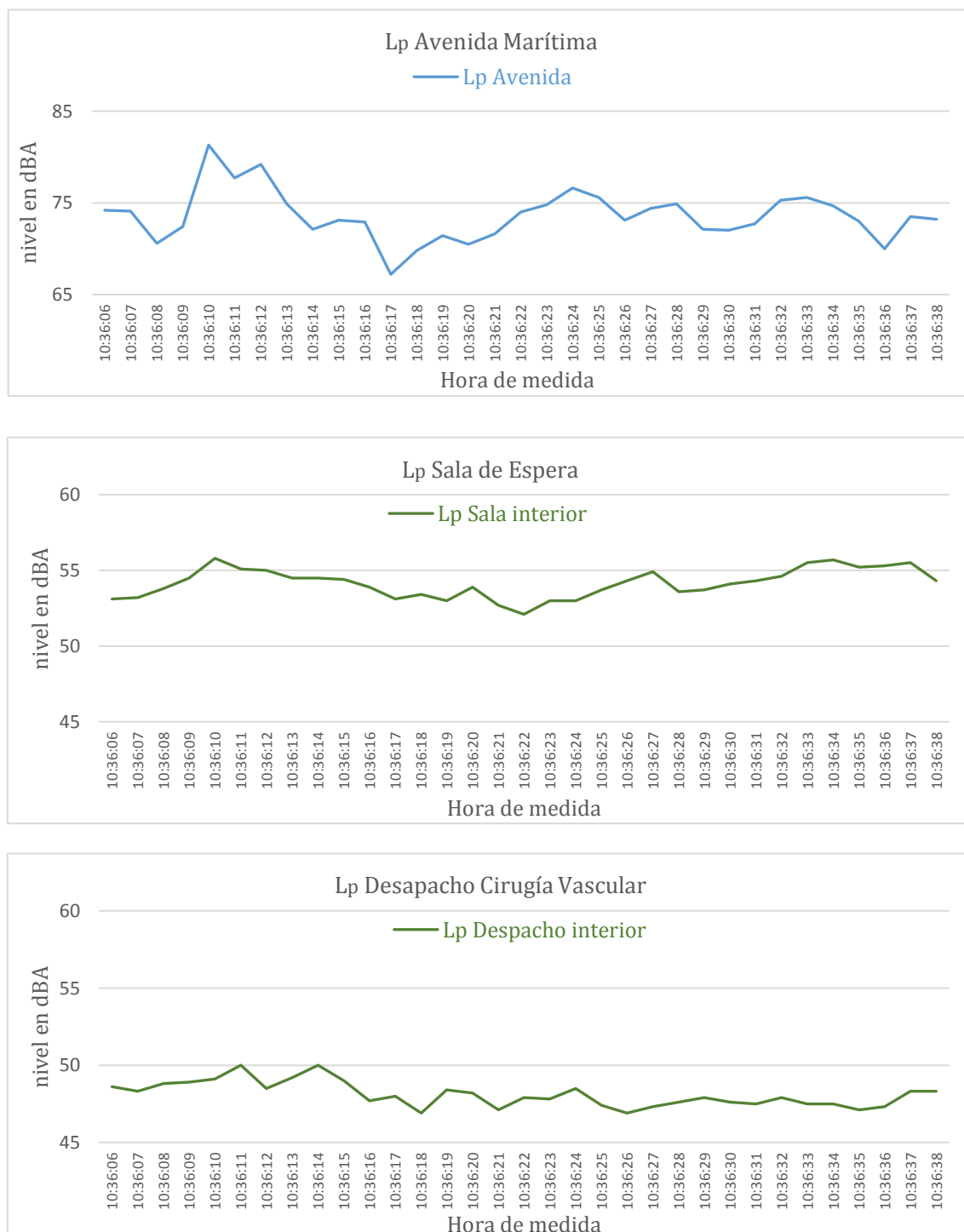


**Figura 6.11.- Comparación de niveles en el exterior**

En la comparativa, de la figura 6.11, se presentan la evolución de niveles sonoros, en un instante de tiempo, de los tres puntos de medida, en el exterior. Podemos ver, que existe una diferencia promedio de **3,5 dBA**, entre la sala y el

despacho, por lo que se puede decir, que se duplica la potencia acústica, en el exterior de la sala, producto del voladizo, presente en el área de hospitalización.

Seguidamente, presentamos las gráficas, de los intervalos comparativos, de los puntos de medida, de la *campana 2*, en el interior.



**Figura 6.12.- Comparación de niveles en el interior**

Los niveles registrados, en la comparativa de la figura 6.12, corresponden a un instante de tiempo, captado en el interior, de las estaciones de medida (sala y despacho), cuyo promedio, producto de la diferencia entre la sala y el despacho es

de **6 dBA**, que es debido, en primer lugar, a la presencia del voladizo, y en segundo, a la diferencia del aislamiento acústico existente en ambos puntos de medida.

### 6.1.5 Niveles máximos y mínimos

Para concluir, se mostrarán los niveles máximos y mínimos, de cada campaña, en la siguiente tabla.

Niveles máximos y mínimos (dBA)								
Estación	Campaña 1				Campaña 2			
	EXTERIOR		INTERIOR		EXTERIOR		INTERIOR	
	L <sub>máx</sub>	L <sub>mín</sub>	L <sub>máx</sub>	L <sub>mín</sub>	L <sub>máx</sub>	L <sub>mín</sub>	L <sub>máx</sub>	L <sub>mín</sub>
<b>Avenida</b>	93,4	62,8	-	-	89,2	63	-	-
<b>Habitación</b>	88,2	68,9	67,4	43,1	-	-	-	-
<b>Sala</b>	-	-	-	-	78,6	69,8	58,3	51,3
<b>Despacho</b>	-	-	-	-	75,6	66,8	61,6	44,6

Tabla 6.9.- Niveles máximos y mínimos

### 6.2 Resultados de atenuación sonora

A continuación, se presentarán los promedios de la atenuación sonora, tanto de la *campana 1*, como la *campana 2*. Para ello se han seleccionado 40 muestras, ya que a medida que íbamos seleccionando más valores, los resultados no variaban.

El promedio, que ahora se presenta, es el del **área de hospitalización**.

Atenuación sonora (dBA)			
Estación	Zona	Campaña	
		1	2
<b>Avenida - Habitación</b>	Exterior	8,3	-
<b>Avenida - Sala</b>	Exterior	-	7,0
<b>Avenida - Habitación</b>	Interior	31,6	-
<b>Avenida - Sala</b>	Interior	-	26,7

Tabla 6.10.- Promedio de la atenuación de los niveles recibidos, área de hospitalización

El promedio, mostrado en la tabla 6.10, se obtuvo, de la diferencia, de los niveles recibidos en la avenida, entre, los recibidos en la habitación de hospitalización (*campana 1*) y la sala de familiares (*campana 2*), tanto, en el exterior como en el interior de los mismos.

El promedio, que se presenta, es el del **área de despachos**.

Atenuación sonora (dBA)		
Estación	Zona	Campaña
		2
<b>Avenida - Despacho</b>	Exterior	10,6
<b>Avenida - Despacho</b>	Interior	32,7

Tabla 6.11.- Promedio de la atenuación de los niveles recibidos, área de despachos



El promedio, de la tabla 6.11, se obtuvo de la diferencia entre, los niveles recibidos en la avenida y los recibidos el despacho de cirugía vascular, tanto en el exterior como en el interior.

Estos promedios, nos servirán para calcular, el aislamiento acústico.

### 6.3 Resultados de aislamiento acústico

A continuación, se presentará una comparativa del aislamiento, entre el área de hospitalización y el área de despachos, utilizando los promedios de atenuación, anteriormente calculados.

Primeramente, se presentará, el aislamiento, del **área de hospitalización**.

Aislamiento acústico (dBA)		
Estación	Campaña	
	1	2
Habitación	23,3	-
Sala	-	19,6

*Tabla 6.12.- Niveles de aislamiento, área de hospitalización*

Los valores mostrados, en la tabla 6.12, corresponden a la habitación de hospitalización 1176 (campaña 1) y la sala de familiares, de la última planta (campaña 2). Como se puede observar, la diferencia de aislamiento acústico, de la habitación es **3,7 dBA**, mayor que el de la sala de espera, producto de las características y superficie del cerramiento de fachada de cada habitación.

Ahora se presenta, el aislamiento, del **área de despachos**.

Aislamiento acústico (dBA)	
Estación	Campaña
	2
Despacho	22,1

*Tabla 6.13.- Nivel de aislamiento, área de despachos*

El valor mostrado, en la tabla 6.13, es el referido al despacho de servicio de cirugía vascular, obtenido de la *campaña 2*, que no se puede comparar con el valor del aislamiento, en el despacho, de la *campaña 1*, debido a que no se tienen datos. Pero se pudo comparar, respecto a la *campaña 2*, con la sala de espera, obteniendo una diferencia de aislamiento de **2,5 dBA**, mayor en el despacho, que en sala de espera, debido a las características de ambas estancias.

### 6.4 Resultados de audio

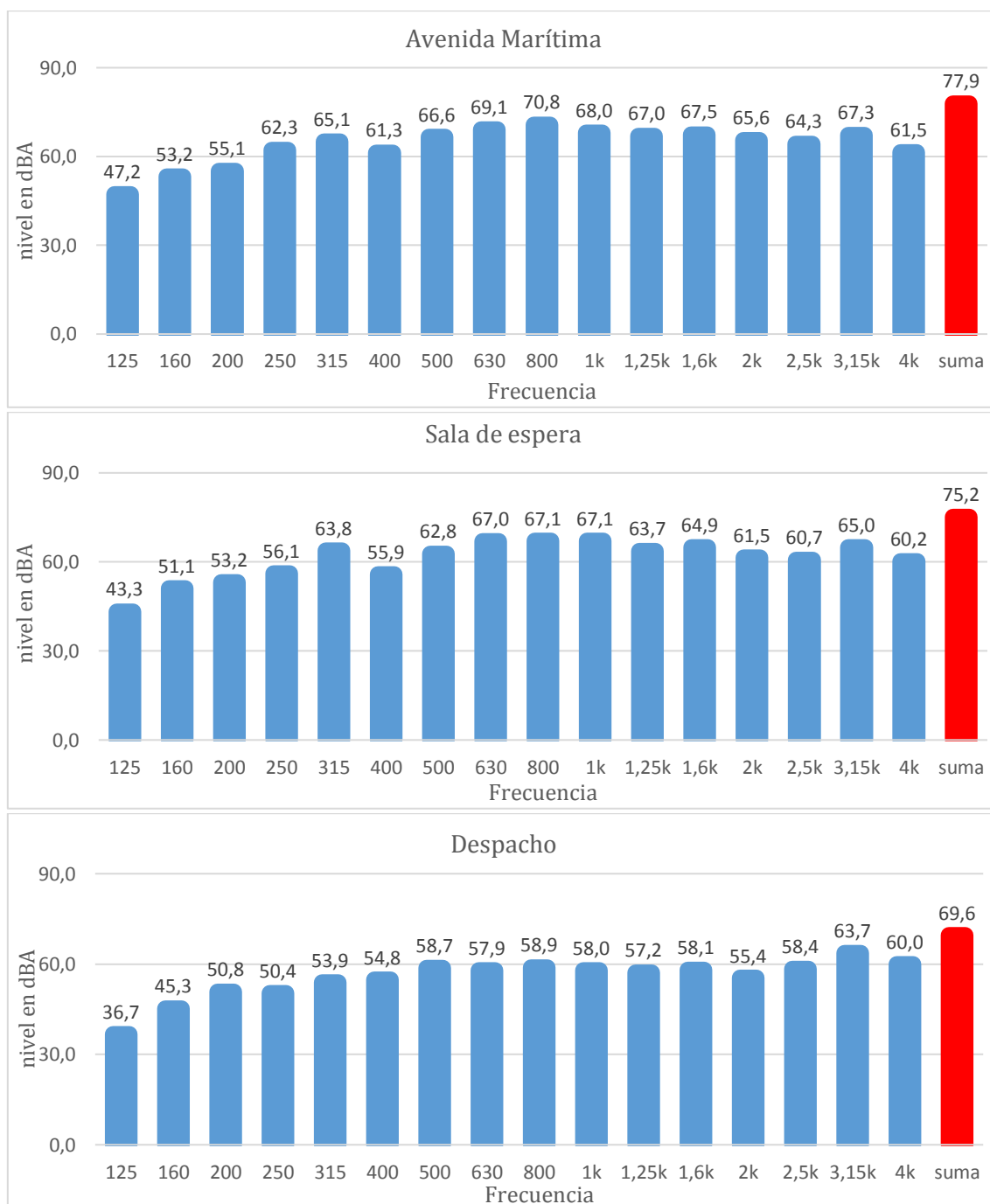
En el presente epígrafe, se presentaran los resultados de los archivos de audio, solo de la *campaña 2*, que es de la que se tiene información, centrándonos en las frecuencias medias, visualizadas en tercios de octava.

Los resultados se presentarán, según la siguiente estructura:

- **Intervalos comparativos:** se mostrarán, los espectros de frecuencia, en tercios de octava, de un suceso ocurrido, en los tres puntos de medida, tanto en interior, como en exterior, incluyendo la suma energética de los mismos.
- **Aislamiento:** se mostrará espectralmente, el aislamiento que ofrecen las ventanas en el despacho y en la sala de espera, cuyos puntos de medida pertenecen, a la *campana 2*.

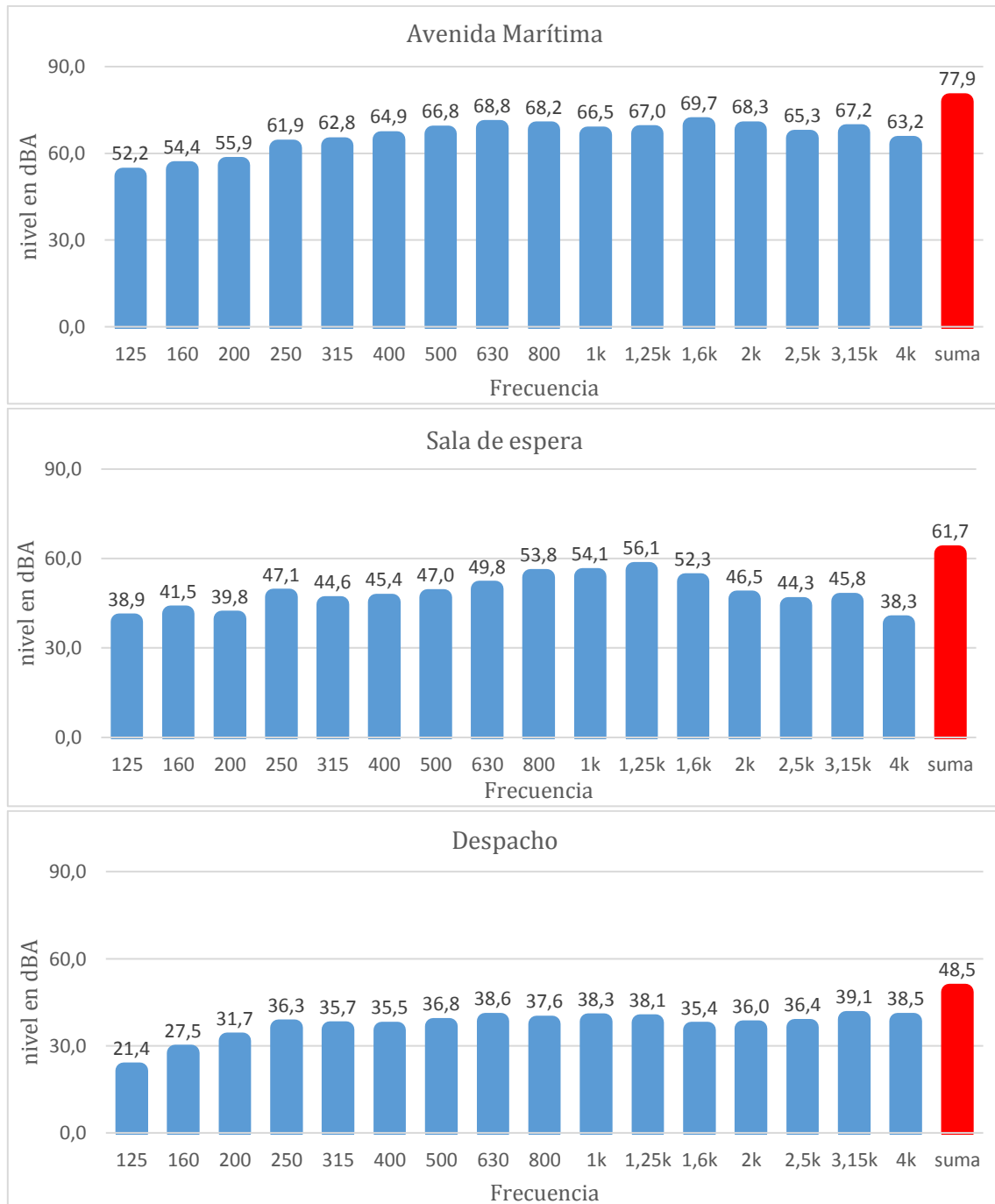
#### 6.4.1 Intervalos comparativos en tercios de octava

Iniciamos presentado, el intervalo comparativo, en tercios de octava, de la bocina de un coche, suceso captado en los tres puntos de medida, en el exterior.



**Figura 6.13.- Comparación de niveles en el exterior**

A continuación, se expone, el espectro de frecuencia, en tercios de octava, de **otro suceso sonoro**, correspondiente a la bocina de un coche, tanto en el foco emisor, la avenida, como en las estaciones de medidas interiores, sala y despacho.



**Figura 6.14- Comparación de niveles en el interior**

Anteriormente, en las figuras 6.13 y 6.14, se ha presentado la comparativa, de los espectros de frecuencia, de tercios de octava, de un suceso sonoro, de los seis que han ocurrido tanto, en el exterior, como en el interior, de la sala de espera y despacho, como en la avenida. Con dichos sucesos, se realizará un promedio de

niveles, que se utilizaran para obtener el aislamiento acústico, de cada uno de los espacios (sala y despacho).

#### 6.4.2 Aislamiento acústico

Para calcular el aislamiento de la sala de espera y del despacho, en la *campaña 2*, lo haremos con el índice de reducción acústica R (dBA). Para ello hemos utilizado la norma francesa.

Vamos a considerar, un ruido rosa (emisor ideal) de nivel 100 dB, a hora a ese ruido rosa le aplicamos la ponderación A, la suma de ambos dará lugar a un emisor ponderado A, en la columna D (diferencia de niveles) irá el aislamiento calculado, de los seis sucesos, ocurridos en el exterior e interior del despacho, la columna, receptor, será el resultado de restar, el emisor ponderado dBA, y la columna D, luego se procederá a realizar la suma energética, tanto del emisor ponderado, como del receptor. El valor de aislamiento, será la diferencia entre ambos.

Aislamiento Despacho						
Cálculo de R (dBA) según norma francesa.						
Frecuencia (Hz)	Emisor ideal dB	Ponderación A	Emisor ponderado dBA	D	Receptor	R (dBA)
125	100	-16,1	83,9	19,3	64,6	
160	100	-13,4	86,6	18,8	67,8	
200	100	-10,9	89,1	20,5	68,6	
250	100	-8,6	91,4	15,8	75,6	
315	100	-6,6	93,4	21,6	71,8	
400	100	-4,8	95,2	20,7	74,5	
500	100	-3,2	96,8	24,0	72,8	
630	100	-1,9	98,1	25,3	72,9	
800	100	-0,8	99,2	25,9	73,3	
1000	100	0	100,0	26,1	73,9	
1250	100	0,6	100,6	22,8	77,8	
1600	100	1	101,0	24,9	76,2	
2000	100	1,2	101,2	25,2	76,1	
2500	100	1,3	101,3	24,8	76,5	
3150	100	1,2	101,2	22,4	78,9	
4000	100	1	101,0	22,0	79,0	
			110,6		87,2	23,4

Tabla 6.14.- Cálculo de aislamiento en despacho

El mismo procedimiento seguido para el despacho, se utilizar para la sala de espera, como se presenta en la siguiente tabla.

<b>Aislamiento Sala de espera</b>						
<b>Cálculo de R (dBA) según norma francesa.</b>						
<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>Emisor ideal dB</b>	<b>Ponderación A</b>	<b>Emisor ponderado dBA</b>	<b>D</b>	<b>Receptor</b>	<b>R (dBA)</b>
125	100	-16,1	83,9	17,0	66,9	
160	100	-13,4	86,6	17,0	69,6	
200	100	-10,9	89,1	16,9	72,2	
250	100	-8,6	91,4	19,0	72,4	
315	100	-6,6	93,4	19,2	74,3	
400	100	-4,8	95,2	21,7	73,5	
500	100	-3,2	96,8	21,1	75,7	
630	100	-1,9	98,1	21,9	76,2	
800	100	-0,8	99,2	21,3	77,9	
1000	100	0	100,0	22,7	77,3	
1250	100	0,6	100,6	18,0	82,6	
1600	100	1	101,0	19,7	81,3	
2000	100	1,2	101,2	21,8	79,4	
2500	100	1,3	101,3	26,2	75,1	
3150	100	1,2	101,2	27,9	73,3	
4000	100	1	101,0	29,7	71,3	
			110,6		88,8	<b>21,8</b>

*Tabla 6.15.- Cálculo de aislamiento en sala la espera*

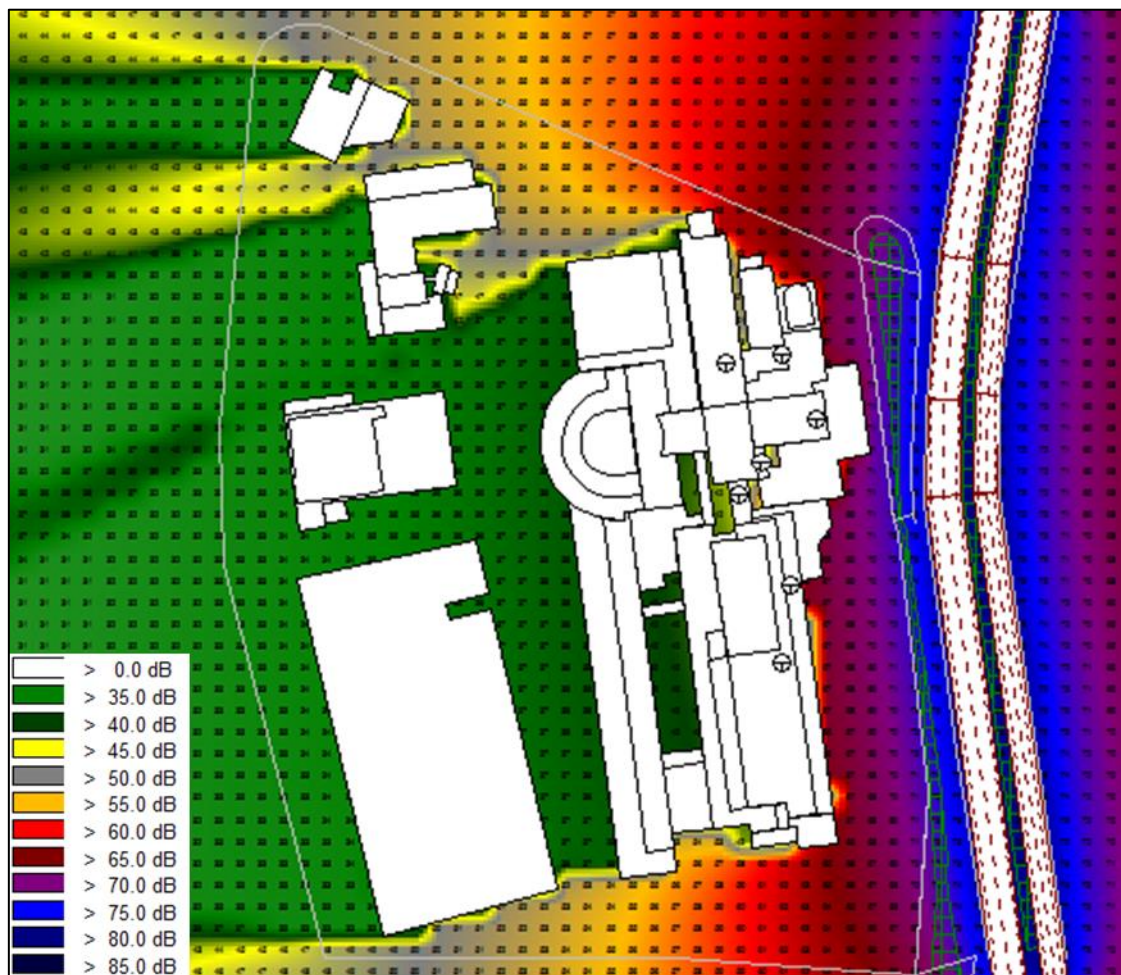
Se constata, como se esperaba, que el aislamiento del despacho es mayor que la sala de espera, debido a las características del acristalamiento de cada uno.

Pese que la diferencia es de **1,6 dBA**, cabe mencionar que los resultados del aislamiento acústico, utilizando el espectro de audio, son meramente orientativos, lo que se pretendía era tener una referencia del aislamiento, ya que para medir el aislamiento, se debe utilizar otro procedimiento, con una fuente sonora normalizada

### 6.5 Resultados de la simulación

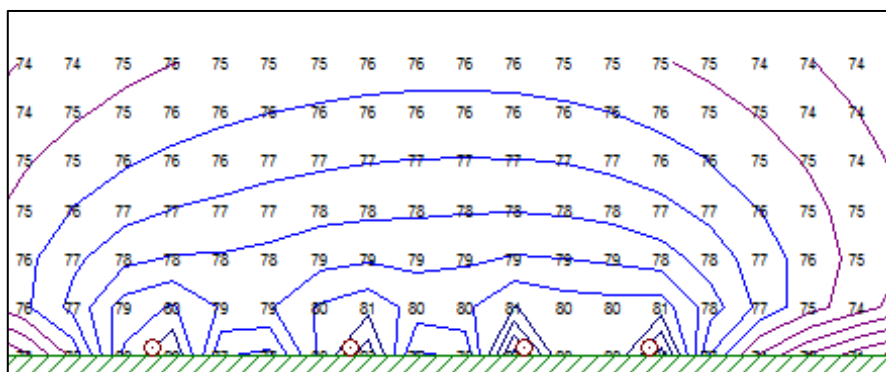
Es importante destacar en este apartado, que no se ha podido simular el voladizo del helipuerto, debido a que ocasionaba problemas en el software de simulación, incluso se contactó con responsable técnico del software, comentándole el problema que se presentaba, a lo que supo contestar, que para representar el voladizo, con alguno de los elementos que ofrece el programa, en vez de buscar una solución estaría complicándola aún más, así que resultaría poco probable que tuviera resultados verídicos, por lo que solo iba a ser posible, simular la fachada, sin el voladizo.

A continuación, en la figura 6.15, se presenta el resultado obtenido, del mapa de niveles acústicos, solo para el periodo día ( $L_d$ ), que fue la franja horaria, donde se realizaron las medidas sonoras. El mapa, permite una fácil visualización, donde existe mayor contaminación acústica, en este caso, la zona del Hospital Insular. Esta zona, coincide con los ejes de la vía principal, el tráfico rodado, proveniente de la avenida Marítima, siendo esta además, la fuente de ruido principal y más contaminante, en donde los niveles alcanzados, son mayor a los **75 dBA**.



*Figura 6.15.- Mapa de niveles acústicos, periodo día*

En la figura 6.16, se representará, con líneas isofónicas la contaminación acústica que produce, el tráfico rodado, en avenida Marítima, a partir del mapa vertical, se obtendrán los niveles acústicos producidos por los coches. Para este cálculo se ha utilizado el mismo código de colores, utilizada a la hora de calcular el mapa horizontal.

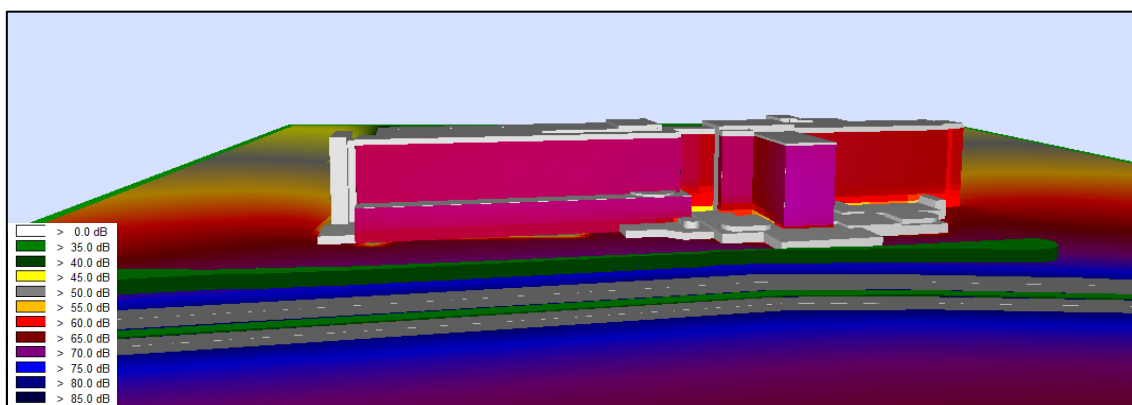


**Figura 6.16.- Mapa acústico vertical de la avenida Marítima, periodo día**

Durante el periodo temporal día, en este tramo se registran niveles máximos de **80 dBA**, destacando que la vía es la que se encuentra más próxima a la zona de estudio, Hospital Insular, en este tramo de vía es donde se alcanza la mayor velocidad permitida, 80 Km/h.

En las siguientes figuras, se representarán la zona del Hospital Insular, con los niveles acústicos recibidos en la fachada del edificio. Este impacto acústico es provocado, por la afección de la avenida Marítima

En la figura 6.17, se puede observar, una imagen tridimensional, de la simulación calculada, mediante el software de predicción acústica, CadnaA.



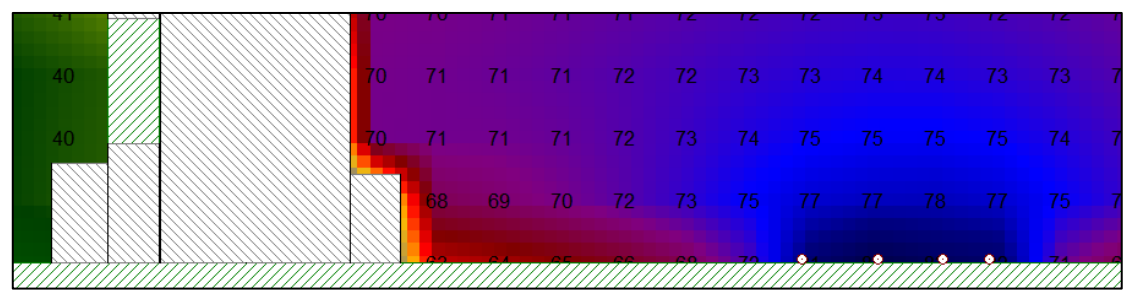
**Figura 6.17.- Mapa de niveles acústicos recibidos en fachada del Hospital Insular, periodo día**

Los niveles que se llega a alcanzar, en la fachada, del recinto hospitalario, están entorno a los **70 dBA**, que coincide con el nivel recogido por el sonómetro, referidos a la *campana 2*, en el área de despachos, sin la presencia del voladizo, ya que no se poseen datos de esa área, en la *campana 1*.

Es importante recordar, que de acuerdo al Código Técnico de la Edificación DB-HR para ese valor, el aislamiento acústico que debería existir entre el recinto y el exterior, está establecido en **42 dBA**.

A continuación, en la figura 6.18, se presenta el mapa acústico vertical de la fachada del hospital, mencionar que la simulación se realizó, sin el voladizo.





**Figura 6.18.- Mapa acústico vertical de niveles acústicos recibidos en fachada del Hospital Insular, provenientes de la avenida Marítima, periodo día**



## **Capítulo 7**

### **Conclusión**

---

En el presente capítulo, se expondrán de una manera diáfana las conclusiones finales a partir de los resultados obtenidos y además de forma muy sucinta se reflejará las posibles líneas futuras que se pueden seguir a partir de este trabajo.



## 7.1 Conclusión

Las campañas de medidas acústicas, han permitido obtener una visión objetiva, de los niveles de ruido existentes en la zona de estudio, el Hospital Insular. Se debe indicar que en cada campaña de mediciones, se tiene en cuenta la fuente de ruido que actuaba en el momento de la medición, como es el tráfico rodado de la avenida Marítima.

A continuación, se presentan las conclusiones, que se han podido extraer, del presente Trabajo Fin de Grado:

- 1) La primera conclusión extraíble del estudio acústico realizado, es el haber **alcanzado el objetivo planteado**, en el presente Trabajo Fin de Grado. El cual consistía, en realizar el estudio y análisis del impacto acústico provocado por el tráfico rodado de la Avenida Marítima sobre la fachada del Hospital Insular, a partir de medidas in situ y simulada. Es importante aclarar en lo correspondiente a la simulación, pese a que la idea inicial, era la simulación del voladizo del helipuerto, que posee el edificio hospitalario, no se pudo llevar a cabo, debido al impedimento que presentaba el software, a la hora de su simulación, pero ello no supuso un inconveniente, al momento de precisar y valorar el impacto acústico, en fachada del edificio, que es parte del objetivo del trabajo.
- 2) En cuanto a la valoración acústica, de la **avenida Marítima**, se pudo constatar que, al ser una arteria principal de la isla de Gran Canaria, por ende, mayor intensidad de tráfico rodado y a su vez, ubicada cerca del edificio hospitalario constituye la fuente principal de ruido, para el edificio, llegando a registrar **niveles máximos** entorno a los **90 dBA** y **mínimos** de **63 dBA**, con un promedio general de 73 dBA para la *campana 1* y 72 dBA para la *campana 2*.
- 3) Con relación al impacto acústico en la **fachada**, se ha podido constatar, con las medidas sonométricas, que el promedio de los niveles de presión sonora, que llegan a las habitaciones, de la última planta del hospital, están en torno a, 74 dBA, en la *sala de espera*, donde se ubica el voladizo y 70,1 dBA, en el *despacho*, desprovisto del voladizo, cuya diferencia, **provoca un incremento de 3,9 dBA**, en la *sala de espera*, ubicada en el área de hospitalización, **producto de la presencia del voladizo** del helipuerto.
- 4) En cuanto al tema del **aislamiento**, en lo referente a la *campana 2*, la diferencia de aislamiento, entre despacho y sala de espera, es de **2,5 dBA**, recordando que son valores orientativos, pero que permiten tener una referencia de su aislamiento. Ya que para ello se contó con un sonómetro, tanto para las medidas, en exteriores como en interiores, en cada área, de hospitalización y de despacho. Y que lo más apropiado para su valoración

objetiva, hubiera sido poder contar con dos sonómetros captando al mismo tiempo, los niveles en el interior y exterior en cada área, pero se realizó de esa forma, debido a los recursos con que se contaban en ese momento y a la disponibilidad del edificio que se trataba. Expresar también, que los niveles de aislamiento acústico obtenidos, **no cumplirían**, de acuerdo con lo que exige el Código Técnico de la Edificación DB-HR.

- 5) El estudio se completa, con la realización de un modelo de cálculo informatizado, que ha permitido evaluar los niveles de ruido generados por el tráfico rodado, utilizando la campaña de mediciones para la validación del mismo. Tras comparar los valores obtenidos, en las mediciones acústicas y el modelo, se ha podido determinar que el modelo diseñado es representativo y válido, para el cálculo de los niveles de ruido, en el entorno al Hospital Insular. El **mapa de nivel acústico**, obtenido mediante el modelo de cálculo, ha permitido identificar, el área con mayor contaminación de ruido acústico en la zona, además ha sido comparado con el mapa acústico, del periodo día ( $L_d$ ), realizado por la administración autonómica, cuyos niveles acústicos emitidos por el tráfico rodado, presentes en la avenida, **coinciden**, y son mayores a **75 dBA**.
- 6) Se puede **afirmar que la fachada**, del hospital, **tienen un importante impacto acústico en su exterior**, por la influencia del ruido del tráfico rodado, en la franja horaria, día. En cuanto a la influencia del ruido de tráfico, en el resto de franjas horarias, no se puede afirmar ni contrastar nada, ya que las medidas *in situ*, se realizaron solo, en franja horaria, día.

### 7.2 Líneas futuras

A continuación, se presentan algunos puntos que se consideran posibles vías de actuación, para la mejora del actual estudio:

Primero: Se pretende que este proyecto sirva de guía para la realización de mapa de ruido integral del Hospital Insular, que incluya no sólo el resto de franjas horarias respecto a la avenida, sino el resto de vías de alrededor del edificio, incluso sus propias fuentes sonoras internas.

Segundo: Investigar un nuevo software de simulación, que permita caracterizar acústicamente el voladizo del helipuerto, y que refuerce aún más el análisis, realizado en este trabajo.

Tercero: Evaluación de la Seguridad e Higiene en el Trabajo, relativo al ruido, existente en los diferentes lugares de trabajo del centro hospitalario, en el que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles acústicos, que sobrepasen los valores establecidos.

# **ANEXOS**



# I

# Bibliografía





1. Gutiérrez Rodríguez, F. (2010). No al ruido guía de actuación. Recuperado de <http://www.malaga.es/base/descargas/143116/informe-anual-2010>
2. Nightingale, F., (1860). *Notes on Nursing*. Dover, New York, 1860: Dover Publications.
3. Busch-Vishniac, I.J., West, J.E., Barnhill, C., Hunter, T., Orellana, D., Chivukula, R. (2005). Noise levels in Johns Hopkins Hospital. *J Acoust Soc Am*, 29-45.
4. Johnson, P.R., Thornhill, L. (2006). Noise reduction in the hospital setting. *J Nurs Care Qual*, 21(4), 295-297
5. Martínez Suárez, P., Moreno Jiménez, A. (2006). El ambiente acústico de los hospitales de Madrid: Metodología de análisis y diagnóstico con SIG. *Cuadernos Geográficos*, 125-146. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17103908>
6. Rivera, M., Galeano, B.J., Escobar, N.J., Patiño, E. (2015). El proceso de diseño de una barrera acústica aplicado al sector hospitalario. *Revista Ingeniería Biomédica* 9 (18), 133-138 Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v9n18/v9n18a16.pdf>
7. ISOVER. (2017). Aislamiento de fachadas. Soluciones ISOVER para Obra Nueva y Rehabilitación. *Saint-Gobain ISOVER*, 608(14), 3-55.
8. Díaz Sanchidrián, C., Pedrero González, A., Navacerrada Saturio, M. A. (2008). *Los huecos de las fachadas de los recintos y su protección frente al ruido exterior*. VI Congreso Iberoamericano de Acústica, Buenos Aires. Recuperado de <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/BuenosAires08/a-043.pdf>
9. Bento Coelho, J. L. (1997): *Acústica ambiental, políticas europeas y espacio ibérico*. XXVIII Jornadas Nacionales de Acústica y Encuentro Ibérico de Acústica.
10. Múgica Herzog, E. (2006). Informe anual 2005 y debates en las Cortes Generales. *Publicaciones del Congreso de los Diputados*. 639-645.
11. Tolosa Cabaní, F. (2003). *Efectos del ruido sobre la salud*. Recuperado de [http://www.juristas-ruidos.org/Documentacion/Efectos\\_ruido\\_salud.pdf](http://www.juristas-ruidos.org/Documentacion/Efectos_ruido_salud.pdf)
12. Lercher P. (1996). Environmental noise and health: An integrated research perspective. *Environment International*. 22 (1), 117-129.
13. Schulte-Fortkamp B. (2002). Effects of Urban Acoustic Pollution. In *Proceedings Jornadas Internacionales sobre contaminación acústica en las ciudades*. Madrid. 17-21.

14. Agencia Del Medio Ambiente (1993). El ruido como problema ambiental. *A.M.A. Madrid*.
15. Chávez Miranda, J.R. (2006). Ruido: Efectos Sobre la Salud y Criterio de su Evaluación al Interior de Recintos. *Ciencia & Trabajo*, 8(20), 42-46.
16. Serrano Pérez, M., Abad Toribio, L., Magro Andrade, R., García Martín, T. (2009). Estudio de la tipología de las pantallas acústicas. Normativa y estado del arte. *Tecnología y desarrollo*, 7(2), 8-9.
17. Gangwisch, J.E., Heymsfield, S.B., Boden-Albala, B. (2006). Short sleep duration as a risk factor for hypertension: analyses of the first National Health and Nutrition Examination Survey. *Hypertension*, 47(5), 833-839.
18. Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*, 1325-1332.
19. Tobías, A., Recio, A., Díaz, J. (2014). Does traffic noise influence respiratory mortality? *Eur Respir J*. 2014, 44(3), 797-799.
20. Kahn-Green, E.T., Killgore, D.B., Kamimori, G.H., Balkin, T.J., Killgore, W. (2007). The effects of sleep deprivation on symptoms of psychopathology in healthy adults. *Sleep Med*, 8, 215-221.
21. Pereira Jota, G., Cervantes, O., Abrahão, M., Parente Settanni, F.A., Carrara de Angelis, E. (2002). Noise-to-Harmonics Ratio as an Acoustic Measure of Voice Disorders in Boys. *Journal of Voice*, 16 (1), 28-31.
22. Recio Martín, A., Carmona Alférez, R., Linares Gil, C., Ortiz Burgos, C., Ramón Banegas, J., Díaz Jiménez, J. (2016). Efectos del ruido urbano sobre la salud: estudios de análisis de series temporales realizados en Madrid. Recuperado de <http://gesdoc.isciii.es/gesdoccontroller?action=download&id=18/10/2016-72b28c0577>
23. Organización Mundial de la Salud. (1999). Guías para el ruido urbano. Recuperado de <https://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Areas%20Program%C3%A1ticas/Control%20de%20Ruidos/Simposio%2024%20abril%202013/WHOS%20Guias%20Ruido%20Urbano.pdf>
24. Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración. (2010). *Guía práctica sobre acústica en instalaciones de climatización*. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-practica-sobre-acustica-en-instalaciones-de-climatizacion-fenercom-2010.pdf>

25. ASEPEYO. (2015). *Confort Acústico. Dirección de Seguridad e Higiene de Asepeyo*. Recuperado de [https://prevencion.asepeyo.es/apr/apr0301.nsf/ficheros/HAF0505008%20Confort%20Ac%C3%Bastico.pdf/\\$file/HAF0505008%20Confort%20Ac%C3%Bastico.pdf](https://prevencion.asepeyo.es/apr/apr0301.nsf/ficheros/HAF0505008%20Confort%20Ac%C3%Bastico.pdf/$file/HAF0505008%20Confort%20Ac%C3%Bastico.pdf)
26. Vílchez-Dagostino, P., Porras-Peña, K., Giles-Saavedra, R., Silva-Gaviño, A., Veliz-Adrianzen, E., Torres-Anaya, V., Díaz-Vélez, C. (2012). Correlación de ansiedad y contaminación acústica en los pacientes hospitalizados del hospital Almanzor Aguinaga Asenjo, junio 2010. *Rev. Cuerpo Médico. HNAAA*, 5(1), 10-15.
27. Solana Martínez, L. (2011). La percepción del confort. Análisis de los parámetros de diseño y ambientales mediante Ingeniería Kansei: Aplicación a la biblioteca de Ingeniería del Diseño (UPV). *Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de* <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13751/PROYECTO%20FINAL%20DE%20GRADO.%20Laura%20Solana%20Mart%C3%ADnez.pdf?sequence=1> [http://www.lugo.es/ws/documentos/10\\_morfologia\\_confort\\_2.pdf](http://www.lugo.es/ws/documentos/10_morfologia_confort_2.pdf)
28. Volcán. (2011). Control de ruido en recintos hospitalarios. *Revista BIT*, 76, 4-57. Recuperado de <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/22970-2.pdf>
29. Rey Martínez, F.J., Ceña Callejo, R. (2006). *Aspectos técnicos de la calidad de ambientes interiores*. Castilla y León, España: Graficas Varona. Recuperado de [http://www.intersindical.es/boletin/laintersindical\\_saludlaboral\\_02/archivos/edificios\\_saludables\\_2parte.pdf](http://www.intersindical.es/boletin/laintersindical_saludlaboral_02/archivos/edificios_saludables_2parte.pdf)
30. RWDI Consulting Engineers (n.d.). Noise and acoustics for healthcare design. *Technotes*, 32. Recuperado de [http://www.rwdimedia.com/uploads/1/1/2/7/11270509/technote\\_32\\_acoustics\\_for\\_healthcare.pdf](http://www.rwdimedia.com/uploads/1/1/2/7/11270509/technote_32_acoustics_for_healthcare.pdf)
31. Daly, P. (2009). Shhhh! Hospital acoustic upgrades under construction. *Grand Rapids Business Journal*. Recuperado de [http://www.acousticsbydesign.com/news/QuietHospitals\\_GR\\_Business\\_Journal.pdf](http://www.acousticsbydesign.com/news/QuietHospitals_GR_Business_Journal.pdf)
32. Joseph, A., & Ulrich, R. (2007). *Sound control for improved outcomes in healthcare settings*. The Center for Health Design. Recuperado de <https://www.healthdesign.org/chd/research/sound-control-improved-outcomes-healthcare-settings>
33. Josse, R. (1975). *La acústica en la construcción*. Barcelona, España: Gustavo Gil.
34. Mazer, S. E. (2005, March/April). Reduce errors by creating a quieter hospital environment. *Patient Safety & Quality Healthcare*. Recuperado de <http://www.psqh.com/marapr05/noise.html>

35. Davenny, B. (2007). *Acoustic environment technical brief: Green guide for health care™ environment quality credit 9*. Green Guide for Health Care™. Recuperado de <http://www.gghc.org>
36. Sadler, B. L., DuBose, J.R., Malone, E. B., & Zimring, C. M. (2008). *The business case for building better hospitals through evidence-based design*. Georgia Institute of Technology: Atlanta. Recuperado de <https://www.healthdesign.org/chd/research/business-case-building-better-hospitals-through-evidence-based-design>
37. The Facility Guidelines Institute (FGI). (2010). *Guidelines for the design and construction of health care facilities*. American Society for Healthcare Engineering (ASHE) of the American Hospital Association. Recuperado de <http://www.fgiguidelines.org>
38. FiberGlass. (2015). Soluciones de aislamiento en el sector hospitalario. *Saint-Gobain ISOVER*, 6-176.
39. The Joint Commission. (2008). *Health care at the crossroads: Guiding principles for the development of the hospital of the future*. Oakbrook Terrace, Illinois.
40. United States Gypsum Company (USG). (1972). *Sound control construction principles and performance (2nd Edition)*. Chicago.
41. Armstrong (2013). Sonido. *Armstrong*, 4-13. Recuperado de <http://www.armstrong.com/content2/commclgam/files/80346.pdf>
42. Giuliano, M., López, S., Pombo, E., Comando, R., Martínez, M. (2015). *Hospital del futuro con confort acústico*. XIII Congreso Argentino de Acústica. Recuperado de [http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/adaa2015/A020%20\(Giuliano\)%20Hospital%20del%20futuro%20con%20confort%20ac%20Fastico.pdf](http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/adaa2015/A020%20(Giuliano)%20Hospital%20del%20futuro%20con%20confort%20ac%20Fastico.pdf)
43. Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes (2009). Soluciones de aislamiento acústico. *Andimat*, 2-51. Recuperado de <http://www.andimat.es/wp-content/uploads/soluciones-de-aislamiento-acustico-andimat-jun09.pdf>
44. Camposan (n.d.). Manual aislamiento acústico. *Camposan-Basel*, 7-193. Recuperado de [ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/composan/composan\\_acustica.pdf](ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/composan/composan_acustica.pdf)
45. Arau Puchades, H. (1996). El ruido de impacto en forjados. *Artículos técnicos*, 3, 37-52. Recuperado de <http://www.conarquitectura.com/pdf%20NA/reducidos/na%203.pdf>

46. Delgado Portela, A., Vega Catalán, L. (2014). Guía de aplicación DB-HR protección frente al ruido. Recuperado de [http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/GUIA\\_DBHR\\_v02\\_septiembre\\_2014.pdf](http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2016-2/GUIA_DBHR_v02_septiembre_2014.pdf)
47. Johnson, P. R., & Thornhill, L. (2006). Noise reduction in the hospital setting. *Journal of Nursing Care Quality*, 21(3), 295-297.
48. ANSI S12 WG44 & the Joint Subcommittee on TC-AA.NS.SC ("The Acoustical Working Group"). (2010). *Sound and vibration design guidelines for health care facilities*. Public draft 2.0. Recuperado de : <http://www.speechprivacy.org>
49. Armstrong (2007). Instalaciones sanitarias. \_\_Armstrong, 2-11. Recuperado de <http://www.armstrong.com/content2/commclgeu/files/37346.pdf>
50. Fife, D., Rappaport, E. (1976). Noise and hospital stay. *American Journal of Public Health*, 66(7), 680-81. Recuerado de <http://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/10.2105/AJPH.66.7.680>
51. Armstrong (n.d.). Guía acústica. Definiciones generales. *Armstrong*. Recuperado de <http://www.armstrong.es/content2/commclgeu/files/70647.pdf>
52. Armstrong (n.d.). Guía acústica. Función de los techos en la acústica pasiva. *Armstrong*. Recuperado de <http://www.armstrong.es/assets/global/commclgeu/files/Literature/4111.PDF>
53. Recuero, M., Pineda, A. (n.d.). Sanidad. *Monográficos de la acústica en la arquitectura*. Recuperado de <http://www.armstrong.es/assets/global/commclgeu/files/Literature/1154.PDF>
54. Armstrong (2016.). Bienestar por diseño. *Inspiring Great Spaces*. Recuperado de <https://www.armstrongceilings.com/content/dam/armstrongceilings/commercial/latin-america/folletos/folleto-bienesta-por-diseno.pdf>
55. Detsky, M. E., & Etchells, E. (2008). Single-patient rooms for safe patient-centered hospitals. *Journal of the American Medical Association*, 300(8), 954-956.
56. Waropay, V. M., & Roller, H. S. (1986). Design aid for office acoustics: How to determine composite sound-isolation ratings for offices by combining performance of walls, ceilings, and floors. *USG Form Function*, 4, 9-14.

57. Gabalex (2015.). guía completa de soluciones. *Saint-Gobain*. Recuperado de <http://www.elsespecialistaentechos.com/documentos/libreria/Guia-soluciones-Eurocoustic.pdf>
58. Avilés López, R., Perera Martín, R. (2017). *Manual de acústica ambiental y arquitectónica*. Madrid, España: Ediciones Paraninfo S.A.
59. Blomkvist, V., Cole, J., Ulrich, R. S. (2005). Impact of acoustics on staff and patients in CCU. *Hospital Development*, 36(10), 19-22, doi: 10.1136/oem.2004.01763
60. Romero Fernández, A., Carrascal García, M. (2005). *La Ley Del Ruido Y Sus Implicaciones En La Edificación*. 1as Jornadas De Investigación En Construcción, Madrid. Recuperado de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/5837/1/Romero\\_IETCC.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/5837/1/Romero_IETCC.pdf)
61. Technal (n.d.). Aislamiento acústico. *Hydro Building Systems SL*. Recuperado de [http://www.fenster.es/wp-content/pdfs/CTE\\_Aislamiento\\_acustico.pdf](http://www.fenster.es/wp-content/pdfs/CTE_Aislamiento_acustico.pdf)
62. Diaz Chyla, A. (2015). *La influencia del aislamiento acústico a ruido aéreo de los aireadores en las ventanas compactas* (Tesis). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [http://oa.upm.es/39798/1/ALEXANDER\\_DIAZ\\_CHYLA.pdf](http://oa.upm.es/39798/1/ALEXANDER_DIAZ_CHYLA.pdf)
63. ASEFAVE (2014). Manual práctico de prescripción y recepción de ventanas en obra. Recuperado de <https://www.activatie.org/web/descarga.php?documento=pu1432727816.pdf>
64. ASEFAVE (2014). *Ejemplo De Aplicación de prescripción de ventanas según requisitos del Código Técnico de la Edificación*. Recuperado de <http://www.coatlugo.com/archivos/docs/Ejemplo-de-aplicacion-prescripcion-ventanas.pdf>
65. Arana Burgui M., Bueno Pacheco, M., Díaz Sanchidrián, C., Expósito Paje, J., Expósito Paje, S., Pedrero González, A., Sánchez Pérez, J., Van Oosten, N. (2013). *Innovación para el control del ruido ambiental*. Castilla-La Mancha España: Ediciones de Castilla-La Mancha.
66. Mazarío Fernández, L. (2008). *Estudio teórico-práctico de la protección al ruido en la edificación*. (Maestría). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13561/Trabajo%20final%20de%20M%C3%A1ster%20en%20Edificaci%C3%B3n%20\(Luis%20Mazar%C3%ADo%20Fern%C3%A1ndez\).pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13561/Trabajo%20final%20de%20M%C3%A1ster%20en%20Edificaci%C3%B3n%20(Luis%20Mazar%C3%ADo%20Fern%C3%A1ndez).pdf?sequence=1)

67. Díaz, C., Díaz-Chyla, A., Navacerrada, M., Pedrero, A. (2013). *Acústica ambiental, políticas europeas y espacio ibérico*. 44º Congreso Español de Acústica encuentro Ibérico de Acústica EAA European Symposium On Environmental Acoustics And Noise Mapping, Valladolid.
68. Díaz, C., Díaz-Chyla, A., Navacerrada, M., Navacerrada Saturdino, M. (2013). *Estudio de los efectos acústico y térmico de la persiana integrada con la ventana*. Recuperado de [http://oa.upm.es/29980/1/INVE MEM 2013 165812.pdf](http://oa.upm.es/29980/1/INVE_MEM_2013_165812.pdf)
69. De la Colina, C., Moreno, A., Pfretzschner, J., Simón, F. (n.d.). Índices globales de valoración del aislamiento acústico. *Revista de Acústica*, 31(3), 1-4. Recuperado de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/6006/1/Aislamiento\\_00.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/6006/1/Aislamiento_00.pdf)
70. GRAFCAN- *Sistema de Información territorial de Canarias*. Recuperado de <http://visor.grafcan.es/visorweb/>
71. Mangalekar, S. B., Jadhav, A. S. y Raut, P. D. (2012). Study of noise pollution in Kolhapur city, Maharashtra, India. *Euresian Publication*, 2, 65-69.
72. Singh, N.; Davar, S. C. (2004). Noise Pollution-Sources, Effects and Control. *J. Hum. Ecol.*, 16(3), 181-187.
73. Short, M. y Pearson, A. (2011). Effects of noise pollution on healthcare staff and patients, 1-6.
74. La Ley (2005). Elementos de la construcción. España, Madrid: La ley.
75. DANOSA. (2015). España es el segundo país más ruidoso del mundo y el primero de la UE, 1, 2.
76. Lladó Paris J., Pelegrín Duce J.L. (1989). *Ruido del Tráfico Aéreo*. Jornadas Nacionales de Acústica – Environmental Acoustics, Zaragoza 89.
77. Consejería de Sanidad (2015). *Plan de Urgencias Sanitarias Canarias*. Recuperado de [http://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/d7d00d48-8ac7-11e6-a33b-757951c5b2fa/Proyecto Plan Urgencias Sanitarias Canarias.pdf](http://www3.gobiernodecanarias.org/sanidad/scs/content/d7d00d48-8ac7-11e6-a33b-757951c5b2fa/Proyecto_Plan_Urgencias_Sanitarias_Canarias.pdf)
78. Cabildo de Gran Canaria (2010). Corredor de transporte público, con infraestructura propia y modo guiado, entre Las Palmas de Gran Canaria y Maspalomas. Recuperado de <http://planesterritoriales.idegrancanaria.es/>

79. Blanco Bergareche, A. I. (2014). Movilidad Segura. *Dirección General de Tráfico*, 12-13.
80. Segués Echazarreta, F. (2007). *Tráfico: Carreteras*. (Maestría). Escuela de Negocios, Madrid.
81. Bañón Blázquez, L. (n.d.). *Planeamiento y tráfico*. Recuperado de [https://sirio.ua.es/proyectos/manual %20carreteras/01020103.pdf](https://sirio.ua.es/proyectos/manual_%20carreteras/01020103.pdf)
82. García Bosca, D. (2010). *Estudio Acústico generado por el tráfico de la población de L'olleria*. (Trabajo Final de Carrera). Universidad Politécnica de Valencia, Gandía.
83. *Directiva de Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental (2002/49/CE)*.
84. *Ley 37/2003 del Ruido*.
85. *Real Decreto 1367/2007, de 19 de Octubre, del Ruido*.
86. *Real Decreto 1371/2007: DB-HR Protección frente al ruido*.
87. *Ordenanza Municipal de Protección al Medio Ambiente Contra la Emisión de Ruidos y Vibraciones*, del 2002.
88. *Ordenanza Municipal de Protección del medio ambiente frente a ruido y vibraciones*.
89. Sánchez Gracia, I. (n.d.). *Características y Ventajas principales de AutoCAD*. Recuperado de <https://sites.google.com/site/ivangarciasanchez90/objetivos/desarrollo-tema-7/10>
90. DataKustik (n.d.). *El software de cálculo y presentación de mapas de ruido más avanzado y popular disponible CadnaA*. Recuperado de [http://www.datakustik.com/fileadmin/user\\_upload/PDF/CadnaA Especificaciones Tecnicas.pdf](http://www.datakustik.com/fileadmin/user_upload/PDF/CadnaA_Especificaciones_Tecnicas.pdf)
91. Cubase (n.d.). *Cubase 5, de Steinberg*. Recuperado de <http://www.musicador.com/cubase-5-de-steinberg/>
92. Dopico Gil, A. (2012). *Mapa de Ruido del Puerto de las Palmas*. Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España.



# **II**

## **Pliego de condiciones**



## II. Pliego de condiciones

A continuación se detallan los equipos de medida empleados, en las medidas de campo, para la realización de este trabajo, así como todo el software utilizado.

### II.1 Sonómetro integrador Rion NL-18

#### Características Técnicas

##### Normas y estándares aplicables

- Medidas generales, sonómetros de precisión
- JIS C 1505 (1988)
- CEI 60651 (1979) Tipo I
- CEI 60804 (1985) Tipo II

##### Ponderación frecuencial

Esta red contiene filtros que proveen de ponderación tipo A, C o plano.

##### Detector RMS

Las siguientes selecciones de constante de tiempo (ponderaciones de tiempo) son las que están disponibles:

- Canal principal: FAST, SLOW, Impulse
- Sub-Canal: FAST, SLOW, Impulse, Retención pico

##### Funciones de Medida

- Nivel de presión instantánea:  $L_p$
- Nivel equivalente continuo de presión sonora:  $Leq$
- Nivel de exposición sonora:  $LE$
- Nivel de presión sonora máximo y mínimo:  $L_{max} / L_{min}$
- Nivel de presión sonora porcentual / percentil: 5 valores seleccionables entre  $L_5$  y  $L_{99}$
- Nivel de presión sonora Takt-max, definido como el nivel de presión sonora de máxima potencia promediada en un periodo de media:  $L_{tm3}, L_{tm5}$
- Retención de pico /cresta de onda sonora:  $L_{peak}$

##### Rango de nivel

Dispone de 7 rangos en saltos de 10 dB:

- 80 – 140
- 70 – 130
- 60 – 120
- 50 – 110
- 40 – 110
- 30 – 90
- 20 – 80

##### Calibración

- Eléctrica incorporada con una señal senoidal d 1.000 Hz.
- Funciones de procesado.
- Procesado digital.
- Intervalo de muestreo.

✓ 10 ms (Leq, LE, Lmax, Lmin, Ltm3, Ltm5).

#### Funciones de pausa

Pausa normal y función de borrado anterior para períodos de 3 y 5 segundos.

#### Pantallas

Dispone de 2 pantallas LCD retroiluminados.

El primero de ellos nos muestra los niveles de ruido, parámetros de medida y procesamiento de datos. Además, marca el nivel de ruido con 4 dígitos, indica el nivel batería graduado en 4 intervalos y tiene 2 indicadores:

- ✓ Over (saturación): Exceso de 9 dB sobre el límite superior de la escala.
- ✓ Under (nivel bajo): defecto de ---1 dB bajo el límite inferior de la escala.

Aparte, dispone de una barra gráfica de rango de 60 dB en pasos de 2 dB con ciclo de refresco de 0,1 segundo y una pantalla gráfica de rango de 70 dB y 10/100 segundos para el eje temporal (solo el canal principal).

La segunda pantalla muestra los cambios de nivel de ruido en el tiempo. También es usado para mostrar las pantallas del menú para la configuración de parámetros y el gráfico de análisis en frecuencia.

#### Memoria

Dispone de modos manual y automático para el almacenamiento de datos, grabación de valores instantáneos y procesados (Modos de grabación automáticamente únicamente válidos para el canal principal).

- ✓ Manual: Hasta 100 grupos de valores (instantáneo + procesados).
- ✓ Auto 1: Hasta 100.000 valores instantáneos.
- ✓ Auto 2: Hasta 7.200 grupos de valores.
- ✓ Auto 3: Hasta 100 grupos de valores (únicamente si se dispone de banco de filtros opcional).

#### Micrófono

El micrófono empleado es un micrófono de condensador prepolarizado de 1/2".

- Modelo: UC – 53 A
- Sensibilidad: ---28 dB (0 dB = 1V/Pa)

### Preamplificador

Para el micrófono anteriormente descrito, este sonómetro utiliza el preamplificador.

- Modelo: NH – 19

### Salida AC

- Tensión de salida: 1 Vrms (fondo de escala).
- Impedancia de salida: 600  $\Omega$  aprox.
- Impedancia de carga: 10 K $\Omega$  mínima.

### Interfaz serie

Controla la interfaz RS – 232C para el intercambio con un ordenador de datos tales como:

- Control de flujo: Yes/No
- Transmisión: Síncrona
- Longitud de palabra: 8 bits
- Bits de paro: 2
- Paridad: none
- Velocidad: 4800/9600 bps
- Xon/Xoff control: Yes

### Condiciones ambientales

- Temperatura: ---10° a +50°C
- Humedad: 30 % a 90 % H. R. (Humedad Relativa)

### Autonomía

- 4 pilas tipo IEC R6 (Tipo 'AA')
  - ✓ 20 horas en operación continua (aprox.) con pilas alcalinas.
  - ✓ 10 horas en operación continua (aprox.) con pilas de manganeso.

Sub-canal no operativo:

- ✓ 24 horas en operación continua (aprox.) con pilas alcalinas.
- ✓ 12 horas en operación continua (aprox.) con pilas de manganeso.

### Adaptador a red

- NC – 34, NC – 34A, NC – 34B aprox. 60 mA (6V DC)

Sub-canal no operativo:

- NC – 34, NC – 34A, NC – 34B aprox. 60 mA (6V DC)

### Accesorios suministrados

- Pantalla antiviento: WS-02
- Cable BNC – RCA: CC---24

## **II.2 Calibrador Sonoro Brüel & Kjær 4231**

## **Características Técnicas**

### Normas y estándares aplicables

- EN/IEC 60942 (2003)
- ANSI S1.40 – 1984

### Nivel de Presión Sonora

- Principal: 94,0 dB  $\pm$  0,2 dB, ref. 20 $\mu$ Pa
- Secundario: 114,0 dB  $\pm$  0,2 dB, ref. 20 $\mu$ Pa

### Frecuencia

- 1 kHz  $\pm$  0,1 %

### Micrófonos compatibles

Tamaños de acuerdo a IEC 61094-4:

- 1" sin adaptador
- 1/2" con adaptador (incluido)

### Nivel equivalente en campo libre

- -0,15 dB para micrófonos de 1/2"

### Nivel equivalente con incidencia aleatoria

- +0,0 dB para micrófonos de 1", 1/2", 1/4" y 1/8"

### Distorsión

- < 1 %

### Nivel de estabilidad

- Corto plazo: Mejor que 0,02 dB
- Un año: Mejor que 0,05 dB
- Tiempo de estabilización: < 5 segundos

### Condiciones de referencia

- Temperatura: 23 °C  $\pm$  3 °C
- Presión: 101  $\pm$  4 kPa
- Humedad: 50%, ---10% + 15% (humedad relativa)
- Volumen de carga efectiva: 0,25 cm<sup>3</sup>

### Condiciones ambientales

- Presión: 65 – 108 kPa
- Humedad: 10 – 90 % (humedad relativa)
- Volumen de carga efectiva: 0 – 1,5 cm<sup>3</sup>

### Influencia de las condiciones ambientales

- Coeficiente de temperatura:  $\pm$ 0,0015 dB/°C
- Coeficiente de presión:  $\pm$ 8 x 10<sup>-4</sup> dB/kPa
- Coeficiente de humedad: 0,001 dB/%HR (Humedad Relativa)

### Fuente de alimentación

- Baterías: 2 x 1,5 V IEC Tipo LR6 (tamaño 'AA')

- Duración: Normalmente 200 horas en operación continua con baterías alcalinas a 23 °C

### II.3 Grabador ZOOM H6

#### Características Técnicas

##### Soporte de grabación

- Tarjetas SD de:
  - ✓ 16 MB - 2 GB
- Tarjetas SDHC de
  - ✓ 4 GB - 32 GB
- Tarjetas SDXC de
  - ✓ 64 GB - 128 GB

##### Entradas

###### *Entradas L/R*

- Unidad de micros XY (XYH-6)
  - ✓ Tipo de micro Direccional
  - ✓ Sensibilidad -41 dB, 1 kHz a 1 Pa
  - ✓ Ganancia de entrada  $-\infty$  a 46,5 dB
  - ✓ Máxima presión sonora de entrada 136 dB SPL
- Toma mini stereo MIC/LINE IN
  - ✓ Ganancia de entrada:  $-\infty$  a 46,5 dB
  - ✓ Impedancia de entrada: 2 k $\Omega$
  - ✓ Plug-in power: admite 2.5V
- Unidad de micros MS (MSH-6)
  - ✓ Tipos de micro Direccional y bidireccional
  - ✓ Sensibilidad -37 dB, 1 kHz a 1 Pa (direccional) , -39 dB, 1 kHz a 1 Pa (bidireccional)
  - ✓ Ganancia de entrada  $-\infty$  a 42,5 dB
  - ✓ Máxima presión sonora de entrada 120 dB SPL (direccional), 122 dB SPL (bidireccional)
  - ✓ Entrada Backup Ajuste de ganancia de entrada -12 dB

###### *Inputs 1 – 4*

- ✓ Conectores combinados XLR/TRS (XLR: 2 activo, TRS: Punta activa)
- ✓ Ganancia de entrada (PAD OFF)  $-\infty$  a 55.5 dB
- ✓ Ganancia de entrada (PAD ON)  $-\infty$  a 35.5 dB
- ✓ Impedancia de entrada 1.8k $\Omega$  o superior
- ✓ Máximo nivel de entrada admisible +22 dBu (PAD ON)
- ✓ Alimentación fantasma +12/+24/+48V (puede activarla/desactivarla de forma independiente para INPUTS 1-4)
- ✓ Ruido de entrada equivalente (EIN) -120 dBu o inferior

##### Salidas

*Toma Output*

- ✓ Toma mini stereo LINE OUT (nivel de salida medio -10 dBu con impedancia de carga de salida de 10 k $\Omega$  o superior)
- ✓ Toma mini stereo PHONE OUT (20 W + 20 W con carga de 32  $\Omega$ )

*Altavoz interno*

- ✓ Altavoz mono de 400 mW/8  $\Omega$

Formatos de grabación

- Ajuste WAV
  - ✓ Formatos admitidos: 44.1/48/96kHz, 16/24 bits, mono/stereo, formato BWF
  - ✓ Pistas simultáneas máximas: 8 pistas (6 pistas + grabación stereo de fondo)
- Ajuste MP3
  - ✓ Formatos admitidos: 48-320 kbps
  - ✓ Pistas simultáneas máximas 2 pistas

Tiempo de grabación

- Con una tarjeta de 2 GB
  - ✓ 3:08:00 (WAV a 44.1 kHz /16 bits)
  - ✓ 34:43:00 (MP3 a 128 kbps)

Pantalla

- LCD a color de 2" (320 x 240)

USB

- Uso como sistema de almacenamiento masivo
  - ✓ Clase: USB 2.0 High Speed
- Uso como interface audio: modo multipistas (Nota: con Windows hace falta un driver, pero no en Macintosh)
  - ✓ Clase: USB 2.0 High Speed
  - ✓ Especificaciones técnicas: 6 entradas/2 salidas, 44.1/48/96 kHz frecuencia de muestreo, 16/24 bits velocidad de bits
- Uso como interface audio: modo stereo
  - ✓ Clase: USB 2.0 Full Speed
  - ✓ Especificaciones técnicas: 2 entradas/2 salidas, 44.1/48 kHz frecuencia de muestreo, 16 bits velocidad de bits

*Nota:* Puede usarlo como interface audio iPad (solo modo stereo)



*Nota:* Es posible el funcionamiento para alimentación por bus USB

### Tiempos de grabación

Continuos aproximados al usar pilas (en horas y minutos)

- Modo de grabación
  - ✓ Micro XY, 44.1 kHz/16 bits (stereo x 1): 21h00m
  - ✓ Micro XY y entradas 1, 2, 3 y 4, 96 kHz/24 bits (stereo x 3): 9h45m

*Nota:* Los valores anteriores son estimaciones.

*Nota:* Estos tiempos de grabación continuos aproximados al usar pilas han sido calculados usando nuestros propios métodos de verificación, por lo que pueden variar bastante dependiendo de las condiciones de uso.

### Alimentación

- Uso con 4 pilas AA
- Adaptador de corriente: DC 5V 1A AD-17 (opcional)
- Alimentación por bus USB

### Dimensiones

- Unidad principal: 77.8 mm (L) x 152.8 mm (P) x 47.8 mm (A), 280 g
- XYH-6: 78.9 mm (L) x 60.2 mm (P) x 45.2 mm (A), 130 g
- MSH-6: 58.0 mm (L) x 67.6 mm (P) x 42.1 mm (A) 85 g

### Accesorios incluidos

- Manual de instrucciones
- Tarjeta SD
- 4 pilas AA
- Funda para la unidad principal Cortavientos (gomaespuma)
- Cable USB
- XYH-6
- MSH-6

## **II.4 Grabador ZOOM H1**

### **Características Técnicas**

#### Pista de grabación

- Pistas que puede grabar a la vez: 2
- Pistas que puede reproducir a la vez: 2

#### Funciones

- Lo-cut Filter,
- Auto REC Level

### Formato grabación/reproducción:

- WAV: 44.1/48/96kHz, 16-/24-bit
- MP3: 44.1kHz, 48/56/64/80/96/112/128/160/192/224/256/320kbps

### Tipos de Conversión

- Conversión A/D: 24-bit, sobremuestreo 128
- Conversión D/A: 24-bit, sobremuestreo 128

### Procesado

- Procesamiento de señal: 32-bit

### Medios de grabación

- Tarjeta microSD (16MB - 2GB)
- Tarjeta microSDHC (4GB - 32GB)

### Pantalla

- LCD retroiluminada de 127 segmentos

### Micrófono

- Micro estéreo incorporado: Unidireccional con condensador
- Ganancia: 0 a +39dB
- Ganancia mínima con atenuación digital: -28dB

### SPL

- Máximo nivel de presión del sonido: 120dB SPL

### Entrada

- Entrada Mic/Line: Jack estéreo de 1/8" (soporta alimentación Plug-in)
- Impedancia de entrada: 2k $\Omega$  (nivel de entrada: 0 a -39dBm)

### Salida

- Salida Phones/Line: Mini jack estéreo de 1/8"
- Impedancia de carga de salida: 10k $\Omega$  o más

### Niveles de salida

- Nivel de salida nominal: -10dBm
- Nivel de salida de auriculares: 20mW + 20mW (carga de 32  $\Omega$ )

- Nivel de salida nominal: -10dBm

#### Interfaz USB

- Tipo: mini-B (compatible con USB 2.0 High Speed), funcionamiento del tipo de almacenamiento de gran capacidad
- Formato: 44.1 kHz/16-bit o 48 kHz/16-bit

#### Requisitos de alimentación

- 1 pila AA alcalina o Ni-MH, o adaptador AC (AD-17, tipo USB a AC)
- Duración de la batería (pila alcalina): 10 horas (MP3); 9.5 horas (WAV)

#### Dimensiones

- 44 (A) x 136 (P) x 31 (H) mm, 60g (sin las pilas)

#### Accesorios incluidos

- ✓ Aquí está lo que viene incluido con el H1:
- ✓ Manual de uso
- ✓ Tarjeta microSD de 2GB
- ✓ 1 pila AA
- ✓ Steinberg WaveLab LE

## **II.5 Grabador ROLAND R-26**

### **Características Técnicas**

#### Pistas

- 6 (3 estéreo)

#### Procesado de señal

- AD/DA conversión: 24 bits, 96/88.2/48/44.1 kHz

#### Tipo de datos

- Para grabación
  - ✓ WAVE/BWF: Tasa de muestreo: 96/88.2/48/44.1 kHz, Profundidad de Bits: 24/16 bits
  - ✓ MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3): Tasa de muestreo: 48/44.1 kHz, Tasa de Bits: 320/160/128 kbps

- ✓ WAVE + MP3: Tasa de muestreo: 48/44.1 kHz, Profundidad de Bits: 16 bits, Bit Rates: 128 kbps
- Para reproducción
  - ✓ WAVE: Tasa de muestreo: 96/88.2/48/44.1 kHz, Profundidad de Bits: 24/16 bits
  - ✓ MP3 (MPEG-1 Audio Layer 3): Tasa de muestreo: 48/44.1 kHz, Tasa de Bits: 32-320 kbps or VBR (Variable Bit Rate)

### Almacenamiento

- Tarjeta SD (SDHC formato compatible)

### Tiempo de grabación

- ✓ WAV/BWF (24-bit/96 kHz, stereo): 27 mins/GB
- ✓ WAV/BWF (24-bit/96 kHz, 4ch): 14 mins/GB
- ✓ WAV/BWF (24-bit/96 kHz, 6ch): 9 mins/GB
- ✓ WAV/BWF (16-bit/44.1 kHz, stereo): 90 mins/GB
- ✓ WAV/BWF (16-bit/44.1 kHz, 4ch): 45 mins/GB
- ✓ WAV/BWF (16-bit/44.1 kHz, 6ch): 30 mins/GB
- ✓ MP3 (128 kbps): 990 mins/GB
- ✓ MP3 (320 kbps): 390 mins/GB
- ✓ WAV/BWF+MP3 (16-bit/44.1 kHz): 84 mins/GB
- ✓ WAV/BWF+MP3 (16-bit/48 kHz): 75 mins/GB

### Entradas de audio

- Micrófonos internos estéreos:
  - ✓ Omnidireccional (OMNI),
  - ✓ Direccional(XY)
- Entradas Analógicas 1/L, 2/R (XLR/Jack):
  - ✓ XLR (alimentación fantasma),
  - ✓ ¼ Jack (balanceado/ no balanceado)
- Salida de audio
  - ✓ Jack de Auriculares

### Nivel de Entrada (Variable)

- Entrada analógica 1/L, 2/R: +4, -2, -8, -14, -20, -26, -32, -38, -44, -50, -56, -62 dBu
- Entrada de micrófono: LOW -7.5 dBu, MID -21 dBu, HIGH -26 dBu

### Impedancia de entrada

- Entradas analógicas 1/L, 2/R: 5k ohm
- Entrada de micrófono: 3k ohm (SENS = MID/HIGH), 2k ohm (SENS = LOW)

### Entrada máxima

- Entradas analógicas 1/L, 2/R : +24 dBu (SENS = +4 dBu)
- Entrada de micrófono: +4 dBu (SENS = LOW)

### Nivel de salida

- 35 mW + 35 mW (16 ohm )

### Alimentación fantasma

- 48 V + o - 4 V
- 10 mA o menos en todos los canales

### USB

- Mini-B type connector
- USB mass storage device class
- USB audio (Hi-Speed USB)

### Pantalla

- 160 x 160 (pantalla táctil)

### Alimentación

- AC adaptor
- Pilas alcalinas (AA, LR6) x 4 o Recargable Ni-MH pilas (AA, HR6) X 4

### Dimensiones

- 82 x 180 x 41, 370 g

### Accesorios

- ✓ Manual
- ✓ Tarjeta SD
- ✓ Adaptador AC
- ✓ Cable de alimentación
- ✓ Cable USB (mini-B)
- ✓ Antiviento

## II.6 Ordenador

### Características Técnicas

<b>Nombre del producto:</b>	6-1101es.
<b>Número de producto:</b>	C6F48EA.
<b>Microprocesador:</b>	1,7 GHz Intel Core i5-3317U.
<b>Chipset:</b>	Intel HM77 Express.
<b>Caché del microprocesador:</b>	3 MB de caché L3.
<b>Memoria:</b>	DDR3 de 6 GB.
<b>Memoria máx.:</b>	Actualizable hasta DDR3 de 16 GB.
<b>Zócalos de memoria:</b>	2 DIMM.
<b>Gráficos de vídeo:</b>	Gráficos Intel HD 4000 (hasta 1,65 GB).
<b>Disco duro:</b>	SATA de 500 GB (5400 rpm). Partición hasta 24 GB para recuperación del sistema.
<b>Pantalla:</b>	Pantalla HD BrightView con retroiluminación LED de 35,5 cm (14") en diagonal, (1.366 x 768).
<b>Tarjeta de red:</b>	LAN Ethernet Gigabit 10/100/1000 integrada.
<b>Conectividad inalámbrica:</b>	Intel 802.11 b/g/n con Widi; Bluetooth.
<b>Sonido:</b>	Beats Audio con 2 altavoces y HP Triple Bass Reflex Subwoofer.
<b>Teclado:</b>	Tipo isla, retroiluminado, de tamaño completo.
<b>Dispositivo señalador:</b>	HP ImagePad con botón activar/desactivar.
<b>Puertos externos:</b>	Lector digital de tarjetas multimedia1 HDMI. 1 salida de auriculares. 1 entrada de micrófono. 1 USB 2.0. 2 USB 3.0. 1 RJ45.
<b>Dimensiones:</b>	34 x 23,58 x 1,98 cm.
<b>Peso:</b>	Aprox. 1,8 kg.
<b>Alimentación:</b>	Adaptador de alimentación de CA de 65W Litio de 4 celdas polímero.
<b>Cámara:</b>	Cámara web HP TrueVision con matriz de micrófono digital dual integrado.

## II.7 Sistema operativo Microsoft Windows 8

### *Requisitos mínimos*

- Procesador. Procesador de 1 gigahercio (GHz)
- RAM. 1 gigabyte (GB) (32 bits) o 2 GB (64 bits)
- Espacio en disco duro. 16 GB (32 bits) o 20 GB (64 bits)
- Tarjeta gráfica. Dispositivo gráfico Microsoft DirectX 9 con controlador WDDM

## II.8 Microsoft Office 2010

A la hora de realizar cálculos y redactar la memoria, se ha usado el paquete de Microsoft Office 2010. El paquete de Microsoft Office 2010 incluye varios programas que han sido empleados:

- Word 2010

El software Word 2010 se ha empleado en la redacción de la memoria. Empleando muchas de sus funciones como por ejemplo, la creación de tablas, la configuración de los formatos y configuración de páginas, la numeración de las tablas, figuras y páginas de la memoria, la creación de índices del contenido del proyecto.

- Excel 2010

A través del software Excel 2010 se han realizado los cálculos para obtener los promedios de los datos recogidos por el sonómetro. Además ha servido de ayuda en la creación de los gráficos gracias a la gran variedad disponible en el software.

- PowerPoint 2010

PowerPoint 2010 se ha empleado en la elaboración de la presentación del proyecto, usando la gran cantidad de efectos y formatos de diapositivas existentes en él.

Además, el paquete incluye otros programas:

- Outlook 2010
- OneNote 2010
- Publisher 2010
- Access 2010

#### *Requisitos mínimos*

- Un equipo con un procesador 500 MHz o más rápido (se recomienda 2 GHz)
- Sistema operativo Microsoft Windows XP (SP3, 32 bits), Windows 7, Windows Vista (SP 1), Windows Server 2003 (SP2 y MSXML 6.0, 32 bits), Windows Server 2008 o posterior
- 256 MB de RAM (se recomienda 1 GB para aprovechar todas las funciones)
- 3 GB de espacio de disco duro disponible
- Monitor con resolución 1024 x 576 o superior
- Tarjeta gráfica Directx 9,0c con 64 MB o más memoria de vídeo.

### **II.9 Adobe Acrobat**

El programa empleado para crear el archivo con extensión ‘.pdf’ y que será el que contenga la memoria final del proyecto ha sido el Adobe Acrobat.

#### *Requisitos mínimos*

- Procesador Intel a 1,3 GHz o superior
- Microsoft Windows XP Home, Professional o Tablet PC Edition con Service Pack 3 (32 bits) o Service Pack 2 (64 bits); Windows Server 2003 (con Service Pack 2 para 64 bits); Windows Server 2008 (32 y 64 bits); Windows Server 2008 R2 (32 y 64 bits); Windows Vista Home Basic, Home Premium, Business, Ultimate o Enterprise con Service Pack 2 (32 y 64 bits); Microsoft Windows 7 o Windows 7 con Service Pack 1 Starter, Home Premium, Professional, Ultimate o Enterprise (32 y 64 bits)
- 256 MB de RAM (se recomiendan 512 MB)
- 260 MB de espacio disponible en el disco duro
- Resolución de pantalla de 1.024 x 576
- Microsoft Internet Explorer 7, 8, 9; Firefox 3.6, 4.0 u 6.0; Chrome
- Aceleración del hardware de vídeo (opcional)

### **II.10 Software Rion S-NL**

El software empleado en el proceso de volcado de datos del sonómetro al ordenador es el Rion S-NL. El único requisito de este software con licencia libre, es que se debe instalar en un ordenador con sistema operativo de Microsoft Windows.

### **II.11 AutoCAD 2015**

Para creación de la zona de estudio se ha empleado el software AutoCAD.

#### *Requisitos mínimos*

- Microsoft® Windows® 8/8.1, Microsoft Windows 8/8.1 Pro, Microsoft Windows 8/8.1 Enterprise, Microsoft Windows 7 Enterprise, Microsoft Windows 7 Ultimate, Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Windows 7 Home Premium



- 2 GB (8 GB recomendados)
- 1024x768 (1600x1050 o más alto) con color verdadero
- 6.0 GB de espacio libre en disco para la instalación
- Adobe® Flash® Player v10 o superior
- Windows Internet Explorer® 9.0 (o posterior)

## II.12 CadnaA Basic

Software empleado para el cálculo de los niveles de fachada de la zona de estudio.

### *Requisitos mínimos (32 - bit)*

- Procesador Intel Pentium III o AMD Athlon (recomendado Intel Core de doble núcleo o AMD Phenom o AMD Athlon 64 multi procesador)
- 256 MB de memoria RAM (recomendados 2 GB)
- 100 MB de espacio libre en el disco duro para la instalación del software
- 1 GB de espacio libre en el disco duro para archivos de proyectos (recomendados 10 GB)
- Tarjeta gráfica OpenGL con memoria mínima de 64 MB (recomendado 256 MB)
- Sistema operativo Microsoft Windows 2000 (recomendado Microsoft Windows XP)

### *Requisitos mínimos (64 - bit)*

- Procesador de 64 bit Intel Core de doble núcleo o AMD Phenom o AMD Athlon 64 o AMD Athlon 64 multi procesador
- 2 GB de memoria RAM (recomendados 4 GB o más)
- 100 MB de espacio libre en el disco duro para la instalación del software
- 1 GB de espacio libre en el disco duro para archivos de proyectos (recomendados 50 GB)
- Tarjeta gráfica OpenGL con memoria mínima de 64 MB (recomendado 256 MB)
- Sistema operativo de 64-bit Microsoft Windows XP Professional x64-Edition o Windows Vista 64-bit

## II.13 Cubase 5

Software empleado para el análisis de los archivos de audio.

### *Requisitos mínimos*

- CPU de 2 GHz
- 1 GB de memoria RAM
- 4 GB de espacio libre en disco duro
- 1 puerto USB



# **III**

## **Presupuesto**



### III Desglose del Presupuesto

El presupuesto que se presenta se ha seguido las recomendaciones del *Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación* (COIT). El presupuesto se ha desglosado en varias secciones, en las que se han separado los distintos costes, asociados al desarrollo del Trabajo Fin de Grado (TFG), fijándose el mismo en 4 meses. Los costes se dividirán en:

- Trabajo tarifado por tiempo empleado
- Amortización del material hardware y software
- Costes de redacción del Trabajo Fin de Grado
- Material fungible
- Presupuesto antes de impuestos
- Presupuesto final

#### III.1 Trabajo tarifado por tiempo empleado

En este Trabajo Fin de Grado se ha invertido 125 horas en las tareas de especificación y desarrollo necesario para la elaboración del mismo. El importe de las horas de trabajo empleadas para la realización del estudio se calcula siguiendo las recomendaciones del COIT:

$$H = C_t \cdot 70 \cdot H_n + C_t \cdot 90 \cdot H_e$$

donde:

- ✓  $H$  son los honorarios totales por el tiempo dedicado.
- ✓  $H_n$  son las horas normales trabajadas (dentro de la jornada laboral).
- ✓  $H_e$  son las horas fuera de la jornada laboral
- ✓  $C_t$  es un factor de corrección funcional del número de horas trabajadas.

Las 300 horas invertidas, se han realizado todas ellas dentro del horario normal.

Según el COIT, el coeficiente  $C_t$  tiene un valor variable en función del número de horas empleadas de acuerdo con la siguiente tabla:

Horas	Factor de corrección ( $C_t$ )
Hasta 36 horas	1,00
Desde 36 hasta 72 horas	0,90
Desde 72 hasta 108 horas	0,80
Desde 108 hasta 144 horas	0,70
Desde 144 hasta 180 horas	0,65
<b>Desde 180 hasta 360 horas</b>	<b>0,60</b>
7 Desde 360 hasta 540 horas	0,55

*Tabla III.1.- Factor de corrección del número de horas invertidas*

Tomando como factor de corrección 0.60 en función del rango del número de horas de acuerdo con la tabla anterior. Seguidamente se calcula el importe correspondiente a las horas de trabajo:

$$H = 0,60 \cdot 70 \cdot 125 + 0,60 \cdot 90 \cdot 0 = 5\ 250\ €$$

Los honorarios totales por tiempo de dicado libres de impuestos ascienden a CINCO MIL DOSCIENTOS CINCUENTA EUROS.

### III.2 Amortización del material hardware y software

En este apartado se han tenido en cuenta todos los equipos o dispositivos utilizados así como el hardware y software usados en la elaboración del presente trabajo. Se va a suponer un periodo de vida útil de *cinco años*, habiendo trabajado con ellos durante aproximadamente *4 meses*. Por lo que se utilizará un sistema de amortización lineal o constante, en éste se supone que el material se desprecia de forma constante a lo largo de su vida útil. Para el cálculo de la amortización anual del material se realiza haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Coste anual} = [(\text{Valor de adquisición} - \text{Valor residual}) / (\text{Nº de años de vida útil})]$$

Aclarar que el valor residual es el valor teórico que se estima que tendrá el elemento después de su vida útil y que se ha estimado en un 5% del valor de adquisición.

Equipo	Valor de adquisición (€)	Valor Residual 5%(€)	Coste de Amortización en 4 meses (€)
<b>Sonómetro Rion NL-18</b>	4 230,00	211,50	267,90
<b>Calibrador B&amp;K 4231</b>	1 321,50	66,08	83,70
<b>Grabador ZOOM H1</b>	128,00	6,40	8,11
<b>Grabador ZOOM H6</b>	399,00	19,95	25,27
<b>Grabador ROLAND R-26</b>	375,00	18,75	23,75
<b>Ordenador</b>	899,00	44.95	56,94
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>465,66</b>

*Tabla III.2.- Coste del material hardware*

El coste del material hardware se eleva a un total de mil CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

Programa	Valor de adquisición (€)	Valor Residual 5%(€)	Coste de Amortización en 4 meses (€)
Microsoft Windows 8	120,00	6,00	7,60
Microsoft Office 2010	100,00	5,00	6,33
AutoCAD	4 500,00	225,00	285,00
CadnaA Basic	5 500,00	275,00	348,33
Cubase 5	583,90	29,20	36,98
<b>TOTAL</b>	-	-	<b>684,25</b>

*Tabla III.3.- Coste del material software*

Mientras que, el coste del software asciende a la suma *SEISCIENTOS OCHENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTICINCO CÉNTIMOS*.

### III.3 Costes de redacción del Trabajo Fin de Grado

El importe debido a la redacción del Trabajo Fin de Grado se calcula de acuerdo a la siguiente expresión:

$$R = 0,07 \cdot P \cdot C_n$$

donde:

- ✓ *P es el presupuesto.*
- ✓ *C<sub>n</sub> es el coeficiente de ponderación en función del presupuesto.*

En la siguiente tabla se puede observar el presupuesto calculado hasta el momento:

Descripción	Costes (€)
<b>Trabajo tarifado por tiempo empleado</b>	5 250,00
<b>Amortización del material hardware</b>	465,66
<b>Amortización del material software</b>	684,25
<b>Total</b>	<b>6 399,91</b>

*Tabla III.4.- Coste de ejecución material*

El presupuesto calculado hasta el momento es de 6 399,91€. Como el Coeficiente de ponderación para presupuestos menores de 30 050 € viene definido por el COIT con un valor de 1,00, el coste derivado de la redacción del Trabajo Fin de Grado es de:

$$R = 0,07 \cdot 6\,362,93 \cdot 1 = 447,99\text{€}$$

Por tanto, el coste libre de impuestos derivado de la redacción del Trabajo Fin de Grado es de *CUATROCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS*.

### III.4 Presupuesto antes de impuestos

Realizando la sumatoria de todo lo obtenido anteriormente, resulta un presupuesto antes de impuestos mostrado en la siguiente tabla:

Descripción	Costes (€)
<b>Trabajo tarifado por tiempo empleado</b>	5 250,00
<b>Amortización del material hardware</b>	465,66
<b>Amortización del material software</b>	647,27
<b>Costes de redacción TFG</b>	445,40
<b>Total</b>	<b>6 925,31</b>

*Tabla III.5.- Presupuestos antes de impuestos*

El presupuesto antes de impuestos es de *SIES MIL NOVECIENTOS VEINTICINCO CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS*.

### III.5 Presupuesto final

Al presupuesto antes de impuestos se le debe aplicar un 7% de Impuesto General Indirecto Canario (IGIC) con lo que el resultado final es el que se expone en a continuación:

Descripción	Costes (€)
<b>Presupuesto antes de impuestos</b>	6 925,31
<b>IGIC 7%</b>	484,77
<b>Total</b>	<b>7 410,08</b>

*Tabla III.6.- Presupuestos final*

En conclusión, el presupuesto final, después de añadir los impuestos, asciende a la cifra de *SIETE MIL CUATROCIENTOS DIEZ EUROS CON OCHO CÉNTIMOS*.

Fdo.: Edison Miguel Jaramillo Durán

Las Palmas de Gran Canaria a 8 de junio de 2017